《科学美国人》精选系列



从星系到量子
——物质世界探奇

（套装共10册）



VISIT...

LANZAROTE
Caliente.com

《科学美国人》精选系列

从星系到量子——物质世界探奇

（套装共10册）





总目录

2036，气候或将灾变：环境与能源新解
改变世界的非凡发现：诺贝尔奖得主文集
未来地球简史
极简宇宙新知
极简量子大观
极简量子大观
大象如何站在铅笔上
对苹果设计说不
再稀奇古怪的问题也有个科学答案：来自全球科学家的智慧解答
不可思议的科技史：《科学美国人》记录的400个精彩瞬间

此电子书下载自好资源网



“十二五”国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列



2036，
气候或将灾变

环境与能源新解

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编

南极冰川会大崩解？
全球变暖引发了超级寒冬？
谁温暖了欧洲冬天？
极端天气将成常态？
可燃冰是解决世界能源危机的妙方？
……



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS



"十二五"国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列



2036，气候或将灾变

环境与能源新解

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 | 编



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS
北京 BEIJING

Copyright © Foreign Language Teaching and Research Press 2016

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of Foreign Language Teaching and Research Press.

本书版权由外语教学与研究出版社独家所有。如未获得该社书面同意，书中任何部分之文字及图片，不得用任何方式抄袭、节录、翻印或存储利用于任何数据库及检索系统等。

Published by Foreign Language Teaching and Research Press

No. 19 Xisanhuan Beilu

Beijing, China 100089

http://www.fltrp.com

此电子书下载自好资源网

图书在版编目（CIP）数据

2036，气候或将灾变：环境与能源新解 /《环球科学》杂志社，外研社科学出版工作室编．——北京：外语教学与研究出版社，2016.8

（《科学美国人》精选系列）

ISBN 978-7-5135-8007-6

Ⅰ．① 2… Ⅱ．①环… ②外… Ⅲ．①气候变化 - 气候影响 - 生态环境 - 普及读物 ②新能源 - 能源开发 - 普及读物 Ⅳ．①P467-49 ②X171.1-49 ③TK01-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第215170号

出版人　蔡剑峰
责任编辑　朱元刚　蔡　迪
出版发行　外语教学与研究出版社
社　　址　北京市西三环北路19号（100089）
网　　址　http://www.fltrp.com
版　　次　2016年9月第1版
书　　号　ISBN 978-7-5135-8007-6

凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部
举报电话：（010）88817519
电子邮箱：banquan@fltrp.com
法律顾问：立方律师事务所　刘旭东律师
　　　　　中咨律师事务所　殷　斌律师

目　录

序：气候变化关乎每个人的生活
前言：科学奇迹的见证者
食物网即将洗牌
珊瑚的悲伤
让大自然修复湿地
资源危机新解
水的重生：从污水到饮用水
南极大崩解
全球变暖最终结局
2036，气候或将灾变
全球变暖将更快到来
极端天气将成常态
全球变暖引发超级寒冬
谁温暖了欧洲冬天
二氧化碳换能源
油砂开采：环境与利益的博弈
从石油到核电：能源成本大比拼
“烫手”的可燃冰
新能源尚未启航

返回总目录

《科学美国人》精选系列

丛书顾问
陈宗周

丛书主编
刘　芳　　章思英
褚　波　　刘晓楠

丛书编委（按姓氏笔画排序）
丁家琦　朱元刚　杜建刚　吴　兰　何　铭
罗　凯　赵凤轩　韩晶晶　蔡　迪　廖红艳

本书审校（按姓氏笔画排序）
刘贵华　张　洋　陈　文　周天军　蔡国田　廖翠萍

序：气候变化关乎每个人的生活

李崇银
中国科学院院士
中国科学院大气物理研究所研究员
解放军理工大学气象学院教授

地球气候及其变化本质上是一种自然现象，是自然科学所面对的问题。但是近些年来随着气候变化影响的加剧，气候变化已经成为重要的社会问题、经济问题和国际问题，引起了全世界民众及各国政府的高度重视。《2036，气候或将灾变：环境与能源新解》一书收集了世界上一些知名教授、学者、作家、资深记者和自由撰稿人所写的与全球气候变化及影响有关的文章，用简明易懂的语言向读者指出了气候变化及其影响的严重性，也简要提出了一些应对办法，很值得大家（包括政府官员、企事业领导、科学工作者以及其他各类从业人员）阅读。这将有助于提高我们对气候变化及环境问题的认知水平，从而更好地保护我们的地球生态环境。

自1900年以来，全球平均气温上升了1.5℃左右。有研究认为，到2100年全球平均气温预计还可能会上升1～5℃。全球变暖导致海平面的明显上升，过去一个世纪全球海平面平均已升高10～25厘米，预计到2100年全球海平面的升高幅度可能达到50厘米，甚至更多。海平面的升高对各国沿海地区的社会经济发展，以及一些海岛的开发、建设和保护都将带来一定的影响。全球变暖极有可能加剧自然灾害，使极端天气事件发生频次增加。正如本书中《极端天气将成常态》《全球变暖引发超级寒冬》所写，全球平均气温的增高导致全球范围内大量极端天气的出现。联合国经济与社会事务部2008年的报告指出，自然灾害对经济造成的威胁正在加大。与20世纪70年代相比，2000～2006年间自然灾害每年对经济安全的威胁已增长至4倍，每年造成的损失增加了7倍，受灾人数上升了4倍；而且一些分析研究表明自然灾害很有可能在贫穷国家造成更大灾难，这尤其值得关注。气候变化必然带来生态环境的恶化、生物多样性的破坏和土地沙漠化等一系列严重问题，对人类生存和福利造

成威胁。在本书中，《食物网即将洗牌》《珊瑚的悲伤》反映的正是这一问题，气候的变化使得动物的生存状态面临极大挑战。2005年3月联合国在一份《千年生态系统评估》中指出“在使地球生命得以生存的生态体系中，有60%已严重恶化或不能持续利用”，“地球物种已出现巨大和不可逆转的损失，有10%到30%的哺乳动物、鸟类和两栖动物已濒临灭绝”。另外，气候变化对国家安全也存在明显影响。2007年4月16日，美国海军分析中心军事咨询委员会发布了《国家安全与气候变化威胁》的报告，从军事角度评估了气候变化对美国国家安全的潜在威胁。2008年6月25日，美国国家情报委员会联合美国16个国家级情报机构，又发布了《2030年前全球气候变化对国家安全的影响》报告，对全球未来的气候变化可能对美国的国家安全产生的影响做出了评估。

近百年来全球平均气温有明显升高，联合国政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）已先后发布了5次评估报告（即IPCC报告），对于导致全球变暖的原因已给出了明确结论，即全球变暖有90%以上是人类活动造成的，人类活动（特别是燃烧化石燃料）所导致的温室气体排放量的持续增加是罪魁祸首。因此，面对全球气候变化的挑战，必须控制和减少二氧化碳排放量；要大力改变能源结构，大大减少煤炭和石油的使用量，大力发展可再生绿色能源。基于众多模式研究结果，大家将450ppm的大气二氧化碳含量和全球平均增温2℃（相对工业化前）视为阈值，希望全球气候变化能够维持在阈值之内。这是一场环境与利益的博弈。为了不超过气候变化的阈值，保证人类社会的可持续发展，新能源的开发已经十分迫切。而对于新能源的使用，如何实现温室气体的低排放又不造成新的污染是不容忽视的问题。《油砂开采：环境与利益的博弈》《从石油到核电：能源成本大比拼》《“烫手”的可燃冰》等文章就讨论了这些问题。正如《新能源尚未启航》一文中所说，全球能源向可再生能源体系转型的过程可能比我们想象的要漫长得多。

地球气候变化是极其复杂的，就时间尺度而论，主要有年际、年代际、千年及更长时间尺度的变化，不同时间尺度变化间的相互作用会改变气候变化的形态。气候及其变化是大气、海洋、固体地球、生物圈及行星空间运动和变化的共同作用所形成的，在气候变化的不同时期会存在主要的影响因子，但也需要同时注意其他因素的作用。正如IPCC报告所指出的，近百年的全球持续变暖主要是大气中二氧化碳浓度持续增加

所导致的温室效应造成的，为了保护我们赖以生存的地球环境，全世界都必须控制和减少二氧化碳的排放。至于本书提出“2036年气候或将灾变”的问题，我们可以将其视为一种警示并加以关注；但是否在2036年真的出现气候灾变，这还有不确定性，需要研究。因为“2036年气候或将灾变”的结论是根据预估的二氧化碳排放量通过气候模型计算得出的，随着全世界对气候变化认识的提高，二氧化碳排放量的减少，就有可能不出现所谓的气候灾变；另一方面，地球气候变化也受到太阳活动等因素的影响，一些俄罗斯学者根据近期及未来太阳活动的变化，认为全球平均气温在2040年左右还会趋于降低。

我国已成为世界上二氧化碳排放的第一大国，无论是从中国还是从全人类的发展来讲，我们都应该坚持“节能减排”国策，保证社会经济的可持续发展。而且，我国还是一个发展中国家，社会经济发展还处于较为粗放的阶段，“节能减排”是必由之路；根据2014年北京大学国家发展研究院能源安全与国家发展研究中心《中国能源体制改革研究报告》中的数据，我国单位GDP能耗是世界平均水平的1.93倍，美国的2.45倍，德国和法国的3.65倍，日本、英国和意大利的4倍。虽然经过多年的努力，我国的能耗指数已有明显下降，但与先进国家相比仍有差距和进一步降低的空间。总之，中国经济要可持续发展，绝不能再走高消耗、高排放的老路，必须节能减排，大力降低能耗，大力调整产业结构、淘汰落后产业；必须科学利用资源，让有限资源发挥最大效益，构建循环经济体系，变废为宝，使生产智能化、产品原料化；必须使经济与社会和生态环境协调发展，实现经济增长，人民生活富裕，环境舒适美好。

最后，希望通过阅读本书，广大读者能够了解气候变化及其对环境的影响，了解新能源开发的必要性，意识到全球的环境变化已经给人类的生存造成了威胁。气候变化关乎每一个人。尽管很多人没有意识到，但实际上它已经影响到了我们的生活。为了使经济可持续发展，人类社会可持续发展，人们的生活有更好的保障，不但需要国家在这方面投入很多精力，更需要提高全民的环保意识。相信随着我们国家经济的发展，再加上大家共同的努力，尤其是全民环境意识的提高，我们国家的环境工作会取得更好的成果。

李崇银

前言：科学奇迹的见证者

此电子书下载自好资源网

陈宗周

《环球科学》杂志社社长

1845年8月28日，一张名为《科学美国人》的科普小报在美国纽约诞生了。创刊之时，创办者鲁弗斯·波特（Rufus M. Porter）就曾豪迈地放言：当其他时政报和大众报被人遗忘时，我们的刊物仍将保持它的优点与价值。

他说对了，当同时或之后创办的大多数美国报刊都消失得无影无踪时，170岁的《科学美国人》依然青春常驻、风采迷人。

如今，《科学美国人》早已由最初的科普小报变成了印刷精美、内容丰富的月刊，成为全球科普杂志的标杆。到目前为止，它的作者，包括了爱因斯坦、玻尔等150余位诺贝尔奖得主—他们中的大多数是在成为《科学美国人》的作者之后，再摘取了那顶桂冠的。它的无数读者，从爱迪生到比尔·盖茨，都在《科学美国人》这里获得知识与灵感。

从创刊到今天的一个多世纪里，《科学美国人》一直是世界前沿科学的记录者，是一个个科学奇迹的见证者。1877年，爱迪生发明了留声机，当他带着那个人类历史上从未有过的机器怪物在纽约宣传时，他的第一站便选择了《科学美国人》编辑部。爱迪生径直走进编辑部，把机器放在一张办公桌上，然后留声机开始说话了："编辑先生们，你们伏案工作很辛苦，爱迪生先生托我向你们问好！"正在工作的编辑们惊讶得目瞪口呆，手中的笔停在空中，久久不能落下。这一幕，被《科学美国人》记录下来。1877年12月，《科学美国人》刊文，详细介绍了爱迪生的这一伟大发明，留声机从此载入史册。

留声机，不过是《科学美国人》见证的无数科学奇迹和科学发现中的一个例子。

可以简要看看《科学美国人》报道的历史：达尔文发表《物种起源》，《科学美国人》马上跟进，进行了深度报道；莱特兄弟在《科学

美国人》编辑的激励下，揭示了他们飞行器的细节，刊物还发表评论并给莱特兄弟颁发银质奖杯，作为对他们飞行距离不断进步的奖励；当“太空时代”开启，《科学美国人》立即浓墨重彩地报道，把人类太空探索的新成果、新思维传播给大众。

今天，科学技术的发展更加迅猛，《科学美国人》的报道因此更加精彩纷呈。新能源汽车、私人航天飞行、光伏发电、干细胞医疗、DNA计算机、家用机器人、“上帝粒子”、量子通信……《科学美国人》始终把读者带领到科学最前沿，一起见证科学奇迹。

《科学美国人》也将追求科学严谨与科学通俗相结合的传统保持至今并与时俱进。于是，在今天的互联网时代，《科学美国人》及其网站当之无愧地成为报道世界前沿科学、普及科学知识的最权威科普媒体。

科学是无国界的，《科学美国人》也很快传向了全世界。今天，包括中文版在内，《科学美国人》在全球用15种语言出版国际版本。

《科学美国人》在中国的故事同样传奇。这本科普杂志与中国结缘，是杨振宁先生牵线，并得到了党和国家领导人的热心支持。1972年7月1日，在周恩来总理于人民大会堂新疆厅举行的宴请中，杨先生向周总理提出了建议：中国要加强科普工作，《科学美国人》这样的优秀科普刊物，值得引进和翻译。由于中国当时正处于“文革”时期，杨先生的建议6年后才得到落实。1978年，在“全国科学大会”召开前夕，《科学美国人》杂志中文版开始试刊。1979年，《科学美国人》中文版正式出版。《科学美国人》引入中国，还得到了时任副总理的邓小平以及时任国家科委主任的方毅（后担任副总理）的支持。一本科普刊物在中国受到如此高度的关注，体现了国家对科普工作的重视，同时，也反映出刊物本身的科学魅力。

如今，《科学美国人》在中国的传奇故事仍在续写。作为《科学美国人》在中国的版权合作方，《环球科学》杂志在新时期下，充分利用互联网时代全新的通信、翻译与编辑手段，让《科学美国人》的中文内容更贴近今天读者的需求，更广泛地接触到普通大众，迅速成为了中国影响力最大的科普期刊之一。

《科学美国人》的特色与风格十分鲜明。它刊出的文章，大多由工作在科学最前沿的科学家撰写，他们在写作过程中会与具有科学敏感性和科普传播经验的科学编辑进行反复讨论。科学家与科学编辑之间充分交流，有时还有科学作家与科学记者加入写作团队，这样的科普创作过

程，保证了文章能够真实、准确地报道科学前沿，同时也让读者大众阅读时兴趣盎然，激发起他们对科学的关注与热爱。这种追求科学前沿性、严谨性与科学通俗性、普及性相结合的办刊特色，使《科学美国人》在科学家和大众中都赢得了巨大声誉。

《科学美国人》的风格也很引人注目。以英文版语言风格为例，所刊文章语言规范、严谨，但又生动、活泼，甚至不乏幽默，并且反映了当代英语的发展与变化。由于《科学美国人》反映了最新的科学知识，又反映了规范、新鲜的英语，因而它的内容常常被美国针对外国留学生的英语水平考试选作试题，近年有时也出现在中国全国性的英语考试试题中。

《环球科学》创刊后，很注意保持《科学美国人》的特色与风格，并根据中国读者的需求有所创新，同样受到了广泛欢迎，有些内容还被选入国家考试的试题。

为了让更多中国读者了解世界科学的最新进展与成就、开阔科学视野、提升科学素养与创新能力，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社展开合作，编辑出版能反映科学前沿动态和最新科学思维、科学方法与科学理念的"《科学美国人》精选系列"丛书，包括"科学最前沿"（共7册）、"专栏作家文集"（共4册）、《不可思议的科技史》《再稀奇古怪的问题也有个科学答案》《生机无限：医学2.0》《快乐从何而来》《2036，气候或将灾变》和《改变世界的非凡发现》等。

丛书内容精选自近几年《环球科学》刊载的文章，按主题划分，结集出版。这些主题汇总起来，构成了今天世界科学的全貌。

丛书的特色与风格也正如《环球科学》和《科学美国人》一样，中国读者不仅能从中了解科学前沿和最新的科学理念，还能受到科学大师的思想启迪与精神感染，并了解世界最顶尖的科学记者与撰稿人如何报道科学进展与事件。

在我们努力建设创新型国家的今天，编辑出版"《科学美国人》精选系列"丛书，无疑具有很重要的意义。展望未来，我们希望，在《环球科学》以及这些丛书的读者中，能出现像爱因斯坦那样的科学家、爱迪生那样的发明家、比尔·盖茨那样的科技企业家。我们相信，我们的读者会创造出无数的科学奇迹。

未来中国，一切皆有可能。

陈学凤

食物网即将洗牌

为了防止水母、真菌和其他生物突然侵袭健康的栖息地，科学家正在探索食物网及其发生彻底转变的临界点。

撰文 / 卡尔·齐默（Carl Zimmer）

翻译 / 冉隆华



精彩速览

食物网是复杂的，但是数学模型可以揭示其中的关键联系。如果这些联系受到干扰，就会导致食物网转变为另外的状态，甚至崩溃。

一旦食物网发生彻底转变，往往不可能恢复到原来的状态。在美国密歇根州与威斯康星州交界附近的彼得湖和保罗湖进行的实验表明，模型可以在剧变发生前做出预测，让生态学家有机会改变一个生态系统，并把它从崩溃的边缘拉回来。



卡尔·齐默经常为《纽约时报》供稿，他还是十几本书的作者或合著者，其中包括与生物学家道格拉斯·埃姆仑（Douglas J. Emlen）合著的教科书—《进化：理解生命》（*Evolution: Making Sense of Life*）。



在美国密歇根州与威斯康星州的交界处附近，有一片枫树林，林子深处隐藏着彼得湖。2008年7月的一天，美国威斯康星大学麦迪逊分校的生态学家斯蒂芬·卡彭特（Stephen Carpenter）和一些同事、研究生，带着一些鱼来到了彼得湖。他们把12条安装了传感器的黑鲈放入湖中，就打道回府了。而那些传感器会全天候工作，每隔5分钟测量一次湖水

的清澈度。

2009年，科学家又去了彼得湖两次，每次都向彼得湖投放15条黑鲈。几个月过去，彼得湖经历了季节轮回——湖水结冰然后又解冻，生命再次繁盛。到了2010年夏天，彼得湖发生了巨大的变化。科学家开始观测之前，彼得湖盛产黑头呆鱼、驼背鳞鳃太阳鱼和其他小鱼。然而，这些曾经占主导地位的捕食者现在变得数量稀少，主要原因是它们被黑鲈吃掉了，只有少数幸存者躲藏在浅滩里。而水蚤和其他小动物则蓬勃发展—它们曾是黑头呆鱼、驼背鳞鳃太阳鱼等鱼类的美食。因为水蚤这些小动物以藻类为食，湖水变得越来越清澈。两年后，彼得湖的生态系统依然保持着改变后的状态。

彼得湖的食物网已经彻底转变，从存在了很久的格局变为新格局。卡彭特有意促成了这种转变，这是实验的一个部分，他和同事的目的在于确定哪些因素会使捕食者与被捕食者的食物网发生永久变化。近几十年来，世界各地的食物网也在更大的尺度上发生着出人意料的转变。现在，水母在纳米比亚海岸水域占据主导地位；饥饿的蜗牛和真菌在美国北卡罗来纳州海岸湿地泛滥蔓延，导致湿地生态崩溃；在西北大西洋，龙虾大量增殖，而鳕鱼急剧减少。

不论是捕鱼、把土地变成农场和城市，还是让全球变暖，人类正通过各种方式，给自然生态系统施加着巨大的压力。因此，生态学家预计，未来几年里，更多的食物网将发生彻底转变。然而，预测这些突然转变绝非易事，因为食物网的复杂程度是惊人的。

这就是卡彭特的用武之地。卡彭特及其同事利用彼得湖30年的生态研究成果，开发了生态网络的数学模型，从而能够在食物网发生彻底转变之前15个月获得早期预警信号。卡彭特说：“我们可以提前很长时间看到转变。”

借助这些模型，卡彭特和其他科学家开始探寻一些决定着一个食物网是保持稳定，还是超过临界点，继而发生重大变化的规则。他们希望利用这些知识监测生态系统的状态，从而识别那些有着崩溃危险的系统。理想的情况是，早期预警系统会告诉我们，人类应该在何时收敛某些行为，以免把生态系统推向崩溃的边缘，甚至还能让我们把处于崩溃边缘的生态系统挽救回来。科学家认为，预防是关键，因为生态系统一旦越过临界点，再想恢复就异常困难了。

建立食物网模型

卡彭特的工作建立在对过去一个世纪的基础研究之上，以前的生态学家做这些研究，都是试图回答一个简单的问题：为什么不同物种的种群数量会是现在这个样子？例如，为什么苍蝇这么多，而狼这么少？为什么在不同的年份，苍蝇的种群数量变化很大？为了找到答案，生态学家开始绘制食物网，标明谁吃谁，每个捕食者吃多少。然而，食物网可以包含几十、几百甚至几千个物种，最后绘制出来的图表，往往会变得混乱不堪。

为了理清这种混乱状况，生态学家把食物网转换为数学模型。他们写出了一个方程来描述物种的生长，把一个物种的繁殖率，与该物种能获得多少食物，以及被其他生物吃掉的概率联系起来。由于所有变量都会变化，即使是求解描述简单食物网的方程都非常棘手。幸运的是，最近便宜、运算速度又快的电脑问世，这让生态学家可以模拟许多不同类型的生态系统。

食物网的运行机理

鲨鱼越少，扇贝越少

对食物网自下而上的结构进行了几十年的思考后，研究人员发现，顶端捕食者直接或间接地控制着食物网。现在，加拿大不列颠哥伦比亚省维多利亚大学的朱莉娅·鲍姆（Julia　Baum）等人进行的一项研究表明，过度捕捞美国东部海岸的大鲨鱼（蓝色），中级捕食者（绿色）特别是牛鼻鲼的数量就会急剧增加。而牛鼻鲼增多，又会破坏某些贝类种群（黄色），特别是海湾扇贝。鲨鱼捕捞禁令可以恢复鲨鱼种群，抑制牛鼻鲼激增，使扇贝再次繁荣兴盛。

大鲨鱼（顶端捕食者）

其他鲨鱼、鲼和鳐（中级捕食者）

猎物（商业目的）

初始种群规模

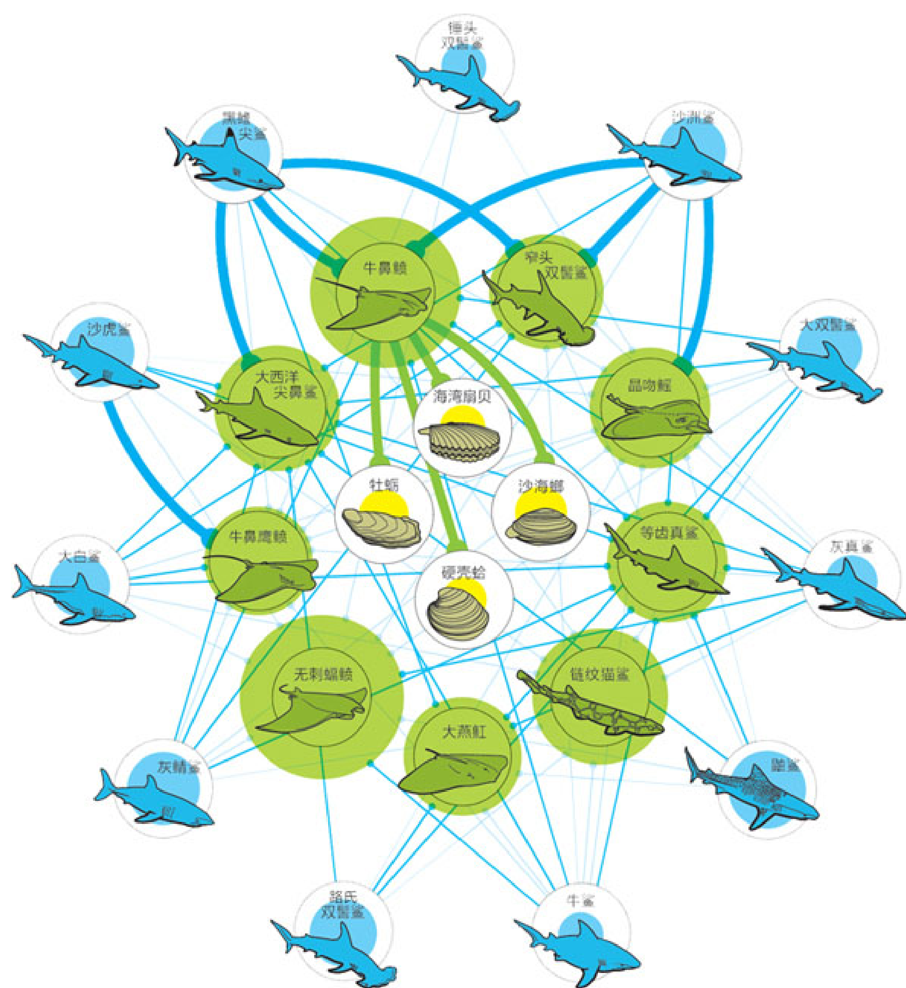
35年后种群规模变小

35年后种群规模变大

大量捕食

适当捕食

少量捕食



锤头双髻鲨
黑鳍尖鲨
沙洲鲨
牛鼻鲼
窄头双髻鲨
沙虎鲨
大双髻鲨
大西洋尖鼻鲨
犁吻鳐
海湾扇贝
牡蛎
沙海螂
等齿真鲨
大白鲨
牛鼻鹰鲼
硬壳蛤
灰真鲨
无刺蝠鲼
链纹猫鲨
大燕魟
灰鲭鲨
鼬鲨
路氏双髻鲨
牛鲨







意外减少：赶走美国黄石国家公园的灰狼使麋鹿繁荣兴盛，麋鹿以柳树叶和白杨树叶

为食，结果，许多柳树和白杨树死亡。

根据这项研究，生态学家发现了在真实食物网中发挥作用的一些关键原则。例如，大多数食物网都是由许多弱关联构成的，而不是由少数强关联构成。如果两个物种互动很多，它们就属于强关联，如一种捕食者始终只大量捕食单一猎物。弱关联物种偶尔互动，如一种捕食者时常捕食许多种猎物。食物网里可能是许多弱关联占主导地位，长期而言，这种格局更稳定。一种捕食者能够捕食几种猎物，一种猎物灭绝了，捕食者还能生存下来。当某种猎物变得稀少的时候，如果捕食者能够转向捕食另一种比较容易发现的猎物，那么前一种猎物的数量就容易恢复。因此，弱关联能防止一个物种被赶尽杀绝。加拿大安大略省圭尔夫大学的生态学家凯文·麦卡恩（Kevin S. McCann）说：“这种现象会一次又一次地发生。”

数学模型还揭示了食物网中的薄弱环节，这些环节发生微小变化就会致使整个生态系统发生巨大变化。例如在20世纪60年代，理论生态学家认为，食物网顶端的捕食者对其他物种的种群大小具有惊人的控制力，包括顶端捕食者不直接攻击的物种。在一个生态系统中，一小部分物种对系统有着自上而下的控制力，这种观点曾颇受怀疑。几种顶端捕食者对食物网的其余部分具有如此重大的影响，这种情况确实很难想象。

但是，我们人类开展了一场没有计划的“实验”，无意中验证了上述观点。在海洋里，我们对鳕鱼等顶端捕食者进行产业规模的捕捞；在陆地上，我们杀光狼等大型食肉动物；我们向岛屿引进老鼠等入侵物种，对自然生态系统带来其他种种冲击。这些行动的结果证实了捕食者的关键作用，以及它们对食物链从上到下的级联效应。

生态学家认识到，正如预测的那样，某些捕食者的变化对食物网具有重大影响。捕杀美国黄石国家公园周围的狼，导致麋鹿等草食动物繁荣兴盛。麋鹿采食柳树叶和白杨树叶，导致许多柳树和白杨树死亡。同样，在美国东海岸外，虽然渔民连一只牡蛎或扇贝也没有捕捉，但他们还是毁灭了牡蛎和扇贝种群。原因在于，他们大量捕杀鲨鱼，鲨鱼所捕食的较小鱼类得以繁荣生长。例如，牛鼻鲼种群急剧增长。牛鼻鲼捕食海底贝类，结果导致牡蛎和扇贝种群崩溃。

灾难性转变

许多食物网的根本转变令生态学家惊奇不已。生态学家已经意识到，预测食物网大幅变化的时间非常重要，因为巨变一旦发生，常常不可逆转，食物网要恢复到原来的状态非常困难。加拿大不列颠哥伦比亚大学的生态学家维利·克里斯滕森（Villy Christensen）说："恢复原状的确困难。"

20世纪90年代初，大西洋西北部鳕鱼渔业崩溃。鳕鱼是一种贪婪的捕食者，随着鳕鱼的消失，其猎物鲱鱼、细鳞胡瓜鱼、小龙虾和雪蟹繁荣兴盛。为了恢复鳕鱼种群，管理人员提出了更严格的鳕鱼捕捞限制措施，甚至完全禁止捕捞鳕鱼。他们使用的数学模型表明，如果不干扰鳕鱼，它们将能够产下足够的卵，生长足够迅速，从而重建种群。

加拿大贝德福德海洋学研究院渔业与海洋研究所的科学家肯尼思·弗兰克（Kenneth Frank）从事新斯科舍和纽芬兰沿岸鳕鱼业的研究，当时他说："据预测，鳕鱼种群的恢复时间大约是5～6年。"然而，这些预测是错误的。即使6年后，鳕鱼仍然没有恢复的迹象。相反，鳕鱼的种群数量比崩溃时还下降了几个百分点。

弗兰克及其同事现在找到了原因：最初的估计仅仅考虑了鳕鱼繁殖的速度，而没有考虑整个食物网的构成情况。成年鳕鱼以鲱鱼、细鳞胡瓜鱼和其他猎物（统称为饵料鱼）为食。反过来，饵料鱼捕食浮游动物这类小动物，包括鳕鱼的卵和幼鱼。

在过度捕捞鳕鱼之前，鳕鱼一直制约着饵料鱼，使其不能吃掉足够多的鳕鱼卵和幼鱼，因此不会削减鳕鱼的种群数量。当然，一旦人类捕食鳕鱼种群，格局就变了。饵料鱼繁荣兴盛，吞吃相当部分的幼小鳕鱼。即使人类不捕捞鳕鱼，它们也无力恢复。

2012年，弗兰克及其同事才看到鳕鱼复苏的迹象。鳕鱼种群数量下降到崩溃前1%的水平后，近年才恢复到30%的水平。弗兰克说，问题的关键是，饵料鱼猛增到这么高的水平，其食物供应已不足，因而饵料鱼种群开始崩溃。现在，饵料鱼种群已经下降，鳕鱼卵和幼鱼有更大的机会活到成年。如果鳕鱼种群可以恢复到原来的水平，将使饵料鱼种群再次减少。弗兰克说："这就是它们发展的轨迹，但也有很多意外，因为生态系统太复杂了。"

世界各地的食物网都将继续发生转变。除了狩猎和捕捞之外，也有

其他方面的原因。例如，蓑鲉（也称狮子鱼）原产于太平洋，在美国它们成了流行的宠物，但是美国东海岸的宠物主人厌倦了它们，开始把它们倒入大西洋，现在，它们威胁着加勒比海珊瑚礁。蓑鲉吃掉那么多小猎物物种，因此生态学家预测，蓑鲉将战胜包括鲨鱼在内的本地捕食者，使它们的种群数量减少。

在某些情况下，气候变化也会改变捕食者及其猎物的分布范围，从而改变食物网。不管是什么因素触动食物网变化，它们都可能推动生态系统超过关键的临界点。如果这些生态系统发生了灾难性的转变，恢复原状就非常困难了。

早期预警

一些科学家说，防止食物网发生转变，这是比恢复那些已经发生彻底转变的食物网更有效的策略。他们认为，生态预防与生态修复相比，可谓事半功倍。卡彭特及其同事一直在开发早期预警系统，这些系统可以揭示生态剧变发生的时间，并指导人们如何使生态系统从临界点恢复过来。

卡彭特说："生态学家以前总是认为，这些东西完全不可预测。"因此在8年前，卡彭特及其同事开始创建可以描述生态系统运行机理的方程。这些方程包括很多变量因素，如物种繁殖速率、物种相互捕食速率等。这些方程模拟的生态系统模型如果达到一个临界点，会突然转换到一个新状态，就像实际生态系统发生变化一样。

科学家还可以看到，在虚拟生态系统突然改变之前那些微妙而独特的长期变动情况—如同遥远的雷声预示着风暴即将来临，生态变化也存在这种现象。例如，当生态系统受到温度的突然变化或疫情爆发等因素的影响时，就可能形成一种新的格局，需要花费比平时更长的时间才能恢复到正常状态。荷兰瓦赫宁恩大学的生态学家马滕·斯海弗（Marten Scheffer）曾与卡彭特合作开发早期预警系统，他说："生态系统离临界点越近，从扰动状态复原就越慢。"

斯海弗、卡彭特及其同事正在开展一系列实验，测试他们的模型。一些实验在严格控制的实验室里进行。卡彭特及其同事在彼得湖的实验是他们第一次在自然生态系统里测试早期预警系统。从放鱼开始，科学家就每天记录彼得湖里的浮游动物、浮游植物和鱼类的情况。他们还监

测附近的保罗湖。保罗湖面积与彼得湖相近，但没有进行过人为操控。因此可以推测，如果这两个湖中发生同样的变化，则完全是因为气候因素的影响，而不同的变化则是人为操控的结果。2009年夏天，科学家开始看到彼得湖的叶绿素含量急速上升和下降。彼得湖的急剧变化与卡彭特模型模拟的生态系统巨变类型吻合。与此同时，保罗湖没有发生任何这类变化。

卡彭特及其同事希望开发监测系统，发现类似的具有指示作用的变动信号，预测湿地、森林、海洋等其他生态系统即将发生的变化。斯海弗说："这涉及许多棘手问题，但它确实管用。"当然，科学家的目标是想要了解，我们什么时候会把生态系统推到崩溃的边缘，这样我们就可以停止施加影响。为了验证这个想法，卡彭特再次人为操控彼得湖。这次不是增加顶端捕食者，而是施肥，这可能导致藻类繁荣兴盛。这种相反的效果也将引起整个湖泊生态系统发生变化。

卡彭特预计，一些较大的鱼类种群—包括黑鲈种群会因此而崩溃，然后保持在不可逆转的低水平。他还预计，可以提前数月获得变化的预警信号，这些信号会以叶绿素水平波动和其他微妙的模式出现。一旦看到这些迹象，卡彭特就会停止施肥。如果他是正确的，生态系统将恢复正常状态，而不是发生彻底转变。为便于比较，他将同时在附近的丘日得湖施用肥料，但当彼得湖停止施肥时，丘日得湖会继续施肥。保罗湖作为对照组，不做处理。

卡彭特对他正在开发的早期预警系统持乐观态度，这个系统不仅适用于孤立的湖泊，也适用于任何生态系统，因为生态网络的组织是有序的。然而，这些成功并不意味着肯定能够预测巨变。卡彭特及其同事已经开发出的方程式表明，一些干扰会非常剧烈、迅速，使得生态学家没有时间注意到麻烦正在来临。卡彭特说："意外将继续出现，尽管早期预警系统确实有可能预见一些意外情况发生。"

扩展阅读

Human Involvement in Food Webs. Donald R. Strong and Kenneth T. Frank in Annual Review of Environment and Resources, Vol. 35, pages 1–23; November 2010.

Trophic Cascades: Predators, Prey, and the Changing Dynamics of Nature. Edited by John Terborgh and James A. Estes. Island Press, 2010.

Food Webs. Kevin S. McCann. Princeton University Press, 2011.

珊瑚的悲伤

贝龙（J.E.N.Veron）被人们称为“现代达尔文”，他发现的珊瑚品种占世界已知品种的20%还多。现在，他正不遗余力地向人们宣传，珊瑚礁正处在超乎想象的危险之中。

撰文 / 伊恩·麦克考门（Iain McCalman）

翻译 / 何唐天



精彩速览

贝龙将大半生的时间都花费在了研究珊瑚上，他考查了全球各地的珊瑚，发现了珊瑚数百万年来进化的秘密。

他还发现，气候变化造成的全球变暖和海洋酸化是威胁珊瑚，致使其白化和死亡的元凶。

贝龙希望，他的珊瑚故事可以在人群中传播开来，让更多的人了解珊瑚的处境，这可能是挽救珊瑚命运的唯一方法。



哈迪礁（Hardy Reef）的名字中有“坚强”（Hardy）这个词，但这并没起到什么作用，现在，哈迪礁和大堡礁的其他珊瑚礁一样，正饱受过高的海洋温度和酸度的摧残。

伊恩·麦克考门是澳大利亚悉尼大学的历史教授，他是英国皇家历史学会的会员，也是《达尔文的战舰》（*Darwin's Armada*）和《卡廖斯特罗伯爵之七个考验》（*The Seven Ordeals of Count Cagllostro*）这两本书的作者。本文改编自麦克考门的新作《珊瑚礁：一个激昂的故事》（*The Reef: A Passionate History*）。



2009年7月6日，戴维·阿滕伯勒（David Attenborough）先生，一位享有盛名的博物学者，站在英国皇家学会的讲台上，准备介绍当天下午的演讲者。听众们翘首以盼，希望这场名为《大堡礁将死？》（*Is the Great Barrier Reef on Death Row?*）的演讲尽快开始。接着，阿滕伯勒开始介绍演讲者贝龙。贝龙曾是澳大利亚海洋科学研究所的首席科学家，今年已经64岁了。“但是，”阿滕伯勒满面笑容地说，“我喜欢称他为‘查利’（Charlie，与达尔文的名相似），因为他和查尔斯·达尔文（Charles Darwin）先生一样，都痴迷于自然世界。”无需过多的解释，我们知道接下来将会聆听到一场由“现代达尔文”带来的精彩演讲。

演讲厅里，许多科学家都十分清楚，今天的这位演讲者，与英国皇家学会有史以来最伟大的科学家达尔文，有着惊人的相似之处和共通的学术造诣。贝龙的所有朋友也十分清楚，他是全球知名的科学家，继承了达尔文所拥有的强烈的独立性，无法遏制的好奇心，以及对大自然的热爱。阿滕伯勒这样介绍，贝龙是全球最伟大的珊瑚与珊瑚礁的学术权威，他发现并报道过的珊瑚品种，占世界已知品种的20%以上—珊瑚是一种体型十分微小，却能形成碳酸钙骨骼，并群聚在一起形成大型群体的无脊椎动物。另外，贝龙还制作了全世界最权威的珊瑚目录。接着，阿滕伯勒略带伤感地说，但是今天贝龙讲述的主题将完全不同：他将告

诉我们，其实，珊瑚礁是揭示人类活动对气候造成复杂影响的关键。也许贝龙能回答那个困扰我们多年的问题—珊瑚礁能否告诉我们，我们的未来会比现在料想的更糟糕吗？

一阵掌声之后，贝龙缓缓走向演讲台。他身材瘦长结实、皮肤黝黑，穿着红色衬衣和深色夹克。他用略带沙哑的澳大利亚口音向阿滕伯勒致谢，并开始为台下满心期盼的听众们介绍，为什么大堡礁—世界上最大的珊瑚礁群，会出现在澳大利亚东北部近海，为什么世界上所有的珊瑚礁，都有可能在很短（相当于现场最年轻听众的年龄）的时间跨度内大规模消失。

贝龙曾于2008年出版《珊瑚礁的时间史：大堡礁从开始到结束》（*A Reef in Time: The Great Barrier Reef from Beginning to End*）一书，看过这本书的细心观众会发现，一个曾经十分喜于描写珊瑚礁的人在演讲主题和语气上的变化。40年来，贝龙曾为大堡礁拥有的惊人的多样性和复杂性欢呼雀跃。然而现在，听众们却只能听到，他把全部的精力和激情用来向人们讲述一个忧伤的、关于珊瑚礁末日的预言。十分明显，听众们都可以感受到，贝龙多么希望他的预言不会成真。为了挽回珊瑚礁的命运，他必须耐着性子回答怀疑者的问题：你怎么知道珊瑚会灭绝？接着，还有一个非常“尖酸”的问题：为什么我们要在乎那些珊瑚？

悲伤铸就的悲伤

实际上，贝龙对珊瑚命运的关注，源于一个让他追逐了多年的问题—为什么在不同的地点，相同品种的珊瑚会存在差异。为了搞明白这个问题，他横穿了浩瀚的印度洋和太平洋，遍历了全球数百个珊瑚礁。他潜入多个海区，收集珊瑚样品。在日本、菲律宾、印度尼西亚、科科斯（基灵）群岛，以及遥远的桑给巴尔岛和偏僻的东太平洋克利珀顿环礁，都留下了他的身影。他一般都同当地居民一同乘船去那些地方，然后下潜到海水中进行观测和记录，常常一待就是几个小时。经过大量的调查考证，贝龙发现，经历了地质学上的时间跨度之后，珊瑚混杂在一起，产生了新的变种；以前的变种之间也有各种联系，甚至“胡乱”杂交。

在研究珊瑚多样性和进化的过程中，一个沉重的、若隐若现的问题一直在贝龙的脑海中盘旋，挥之不去，那就是他对珊瑚命运的担忧。他

的担忧不仅源自于他的研究对象，也源自于他家庭生活中的一个悲剧。在他漫长的研究当中，这个家庭悲剧让他越来越清楚地意识到，珊瑚正在面临死亡。在这一点上贝龙也很像达尔文，当年达尔文也是在忍受着精神折磨并顶着国内压力的情况下，完成了他的进化论。1980年4月的一天，正在香港进行研究的贝龙接到了妻子柯丝蒂（Kirsty）的电话。电话里，妻子的声音充满了恐惧，她告诉贝龙，他们10岁大的女儿诺尼（Noni）在溪流里与小朋友玩耍时，不幸溺水身亡了。悲伤压得这对痛失爱女的夫妇喘不过气来。虽然他们仍旧支持着对方，但是最后还是选择了离婚。

从那以后，贝龙深切地感受到世事无常、生命脆弱。在进行珊瑚研究时，他也常常有这种感觉。1995年，在他出版《珊瑚时空》（*Corals in Space and Time*）一书时这种情绪达到了顶点。为了完成这本著作，他调查了世界各地珊瑚过去和现在的命运，分析了早先一些珊瑚礁消失的原因，并收集到大量证据，来阐述海平面上升、气候变暖、棘冠海星入侵、人类影响导致海水富营养化等因素对珊瑚生存的影响。调查越深入，贝龙对大堡礁和世界各地珊瑚礁未来命运的担忧就越强烈。

有意思的是，这本书也成了贝龙的“媒人”，促成了他与玛丽·斯塔福德-史密斯（Mary Stafford-Smith，编辑本书的科学家，后来成了贝龙的另一半）的浪漫关系。《珊瑚时空》出版后，贝龙和斯塔福德-史密斯开始讨论接下来再出版一本适合普通大众阅读、印刷精美的大型珊瑚画册。“我们想把多彩的珊瑚世界呈现给广大的读者，让他们意识到保护珊瑚的紧迫性和重要性。”贝龙对听众说。可以说，这也是一种“曲线救国”，可以赢得更多人对珊瑚的关注和关心。为了完成这项工作，大约有70位水下摄影师免费提供了他们的作品，插画家杰夫·凯莉（Geoff Kelly）也提供了精致的画作，而贝龙则完成了大部分百科全书式的文字说明。2000年10月，三册《世界珊瑚志》（*Corals of the World*）亮相巴厘岛，为正在那里举行的国际珊瑚礁研讨会增添了一抹亮彩，赢得了一片赞扬。珊瑚礁正深陷危机，呈现退化趋势的信息也就此传播开来，全球警报级别也就此提升。

作为一位自然保护主义者，20世纪70年代，贝龙曾为棘冠海星对珊瑚礁造成的严重破坏而忧心（棘冠海星是珊瑚的天敌）。他深信是因为人类对棘冠海星的天敌的过度捕捞，才导致棘冠海星数量增加，另外，海水洋流中的棘冠海星幼体，也由于人类导致的化学污染而快速生长。

不过，最令他生气的不是这些，而是旅游开发商和官员等既得利益者对此事的处理方式，以及政府部门的畏缩表现—他们故意为科学家继续研究这些问题设下重重障碍，这使得许多科学家无法研究自己热衷的课题并追寻答案。这种情况现在很普遍，而在那个年代，还只有一点苗头。

珊瑚的惨剧

曾经，贝龙和许多同时代的人一样，认为“海洋浩瀚无穷，海洋世界坚不可摧”，广阔的大堡礁海洋公园也是如此。但其实，作为珊瑚多样性的发源地，印度洋 - 太平洋中部因为缺乏合法的保护，情况一直让人担忧。贝龙的潜水员朋友曾多次邀请他去考察印度尼西亚东部连绵壮观的珊瑚礁。可是，当20世纪90年代他到那里时，一切都太迟了，曾经绵延千里的珊瑚礁，已经变成了一堆惨不忍睹的杂乱碎石。

20世纪80年代初，贝龙在离大堡礁棕榈岛不远的地方第一次见到珊瑚白化。他将那一小丛白色的珊瑚骨骼拍了下来，留作纪念。“但紧接着我看到了一场大规模的珊瑚白化事件……所有东西都变白了，死了。有时只剩下了能够快速生长的枝状珊瑚，其他珊瑚则很难看到，甚至那些已经存活了四五百年的珊瑚也都死了。”

第一次有记录的全球大规模珊瑚白化现象发生在1981～1982年。第二次则发生于1997～1998年，那次事件波及50多个国家的珊瑚礁，甚至包括阿拉伯海的热带珊瑚。而在大堡礁，发生白化事件的时候，也正好是海水温度最高的时候。2001～2002年，全球又发生了一次规模更为庞大的珊瑚白化事件。科学家发现这一次珊瑚白化事件与厄尔尼诺的气候周期有着紧密的联系。灾难性的全球变暖已经开始，而对温度和光线有着独特敏感性的珊瑚，正在向科学家发出警告。

贝龙的研究表明，在厄尔尼诺气候周期中，由于温室气体引发全球变暖，大堡礁潟湖的表层海水上升到了罕见的温度，并在西太平洋暖池（Western Pacific Warm Pool）海水的带动下，流向礁区内脆弱的活珊瑚。当珊瑚暴露在比它们生长所能承受的极限温度（大堡礁珊瑚品种的生长极限温度是31℃）还高2～3℃的环境中，同时太阳辐射还不断增强时，珊瑚也就危在旦夕了。此时，原本通过光合作用为珊瑚提供颜色与食物的共生藻，将释放出大量氧气，对珊瑚产生毒害效应。因而，珊瑚不得不将这些共生藻排出，否则就会死亡。那些一丛又一丛裸露的、白

骨骼的珊瑚礁就是这一过程的结果。

当水温恢复正常、水质仍保持良好时，这些受损的珊瑚还可以恢复过来。只是现在白化爆发的频率和强度越来越大，死亡的珊瑚越来越多，珊瑚礁也被破坏得越来越严重。贝龙预计，西太平洋暖池的扩大和加深，意味着“对珊瑚而言，每年都可能是厄尔尼诺年”。

沉重的未来

贝龙希望，可以找到一些未知品系的共生藻，能更好地适应这个过热的世界，并最终与珊瑚形成共生关系；或者找到像鹿角珊瑚这样快速生长的物种，生长速度能胜过白化速度；或者那些生长在深水礁坡或大洋深处的珊瑚能够存活下来，这样就可为未来珊瑚礁的重建提供种源。

但是，全球变暖并不是珊瑚面临的唯一挑战，还有一些因素也在起破坏作用，并且这些因素无法靠人力中止。贝龙指出，珊瑚礁就像大自然的“档案”，它们是复杂的“数据库”，记录着数百万年来的环境变化。同时，珊瑚化石上还记录着地质时期的大灭绝事件，以及事件的起因。这些记录告诉我们，在历史上的5次珊瑚礁大规模消失中，有4次都与碳循环有关。事实上，海水会吸收两种主要的温室气体—二氧化碳和甲烷，这两种气体进入海水后，会使海水酸化，改变海洋的化学环境，进而导致珊瑚礁的消失。

今天，威胁珊瑚礁生存的罪魁祸首仍是这两种气体，只是使其含量增加的原因，不再是之前的陨石撞击或火山爆发，而是人类正在以前所未有的速度向大气中排放这些气体。地球上这类气体的常规吸收者—海洋为了吸收并通过化学作用处理这类气体，其吸纳能力目前已消耗了三分之一。在很久以前，海洋酸化进程就已经无声无息，却又势不可挡地开始了。这预示着在遥远的未来，地球生物将再次经历一场浩劫。可能最早到2050年，我们将看到珊瑚骨骼溶解在海水中。而碳酸盐岩石，包括礁体，将像贝龙描述的那样，“像一块巨大的抗酸药片一样”开始溶解。

南大洋食物网的关键因子—浮游植物（磷虾的食物），同样会受海洋酸化的影响。这一切将导致什么后果呢？也许地球上第六次大灭绝事件就要来了。

贝龙，这位大半生工作、生活在大堡礁上的科学家，突然发现自己

处于一个令人痛苦的位置上：他将会成为大堡礁悲剧命运的预言者。难怪他会觉得“非常非常沮丧”。用贝龙的话来说，“因为这一过程是真实的，悲剧日复一日，每天都在发生，而我也日复一日地研究着它。这就像看见一座房子以非常慢的速度着火了……而我却只能看着，无能为力。”

肃静的演讲厅中，坐满了科学家和市民，相比贝龙在2009年7月的那次演讲，今天的讲话更令人感到沉痛。最后，他将稿子丢在一边，用沙哑、颤抖的声音向观众道歉，抱歉给他们带来了一场如此痛苦的演讲，但他希望观众们回去之后，可以想想他今天所讲的话。

“发挥你们的影响力吧！”他恳求道，“为了地球的未来，用你们的影响力让这个故事传播开来。这不是一个童话故事，这是一个真真切切的事实！”

扩展阅读

Corals of the World. J.E.N. Veron. Australian Institute of Marine Sciences, 2000.

Great Barrier Reef Marine Park Authority: www.gbrmpa.gov.au

让大自然修复湿地

科学家发现，早前许多湿地恢复项目失败，是因为他们将目标定位于全面恢复生态系统。最近科学家调整策略，并取得了成功—他们将重点放在一两个有限的目标上，其他则顺其自然。

撰文 / 约翰·凯里（John Carey）

翻译 / 刘丛

审校 / 刘贵华



精彩速览

在美国乃至全球，湿地正以惊人的速度不断消失。

大量的湿地恢复工程都旨在尝试全面恢复湿地生态系统，但往往以失败告终，导致数百万美元的经费被白白浪费。

最近，科学家开始调整策略，认为应该首先恢复一两个重要的生态目标，比如鱼类种群恢复或改善水质，其他的则交由大自然自己来恢复。在美国和世界其他地方，越来越多的湿地恢复项目因为遵循这一原则而取得成功。



美国特拉华海湾：湿地恢复项目工程师改造了淡水河道，河水流进支离破碎的盐沼泽地后，鱼儿不断繁衍，在大自然的作用下，原本已经濒临死亡的植物开始重焕生机，

变得健康茂密。

约翰·凯里曾是美国《商业周刊》（*BusinessWeek*）资深记者，目前是能源和环境领域的自由撰稿人。《环球科学》2012年第12期也曾刊登他的文章《全球变暖：灾难程序已启动》。



在美国威斯康星大学麦迪逊分校的植物园中，乔伊·泽德勒（Joy Zedler）设计了3块相同的湿地用来做实验。乔伊让施工队在绿地上挖出3块面积相同的地基，每块的面积都是295英尺长，15英尺宽（1英尺≈0.305米）。然后让负责这项工程的承包商在3块地基上种植相同的植物，以研究植被如何吸收和净化暴雨径流（指由暴雨产生的水流）。

泽德勒的研究团队先从实验地前面的池塘中向3块实验地分别引入等量的水。然后，他们检测这些水在流入实验地前和流出之后的养分，土壤的稳定性、吸水率，以及植物的生长情况和多样性等指标的情况。研究人员预计，3块湿地的上述指标并不会有明显差异。

这项研究受到的关注，比一般的大学研究项目都高。在麦迪逊市，暴雨后，大量雨水会从城市流出，进入邻近的温格拉湖。由于雨水中含有高浓度的氮、磷等营养元素，温格拉湖的水质正变得越来越差。因此，麦迪逊市政府对如何利用湿地，减少并净化暴雨径流非常感兴趣。另外，随着近年来湿地在全球范围内以惊人的速度消失，如何最大限度

地发挥湿地在减轻洪灾损失、提高生物多样性方面的生态系统服务（指人类生存与发展所需要的资源归根结底都来源于自然生态系统）价值，已经变得越来越紧迫。作为威斯康星大学的植物学和恢复生态学教授，泽德勒希望，这个实验能为此带来一些启示。

3年后，研究人员发现，情况与他们预想的完全不同。泽德勒说："结果完全超出了我们的想象。"研究人员本来认为，这3个间隔仅有3英尺的人工湿地，情况应该都差不多。然而，实际情况是，在一个湿地中，香蒲成为了优势物种，而在另外两个湿地中，却生长了多达29种植物。另外，虽然长满香蒲的湿地能提供更多的植物材料，但在其他方面却表现不佳，既不能减缓洪水流速、减少土壤侵蚀（指土壤在水、风等外力作用下被破坏剥蚀、搬运和沉积的过程），也不能从水中吸收更多的富营养物质。相反，其他两个湿地除了提供的植物材料较少外，产生的其他效益则多于预期。

为什么会这样？研究人员发现，香蒲湿地下面的黏土层略厚，这导致它的渗透性比其他两个湿地差，这样水很容易滞留在地表而不是渗入地下，因此暴雨径流和水中的养分快速流进了旁边的沟渠。与此同时，密集生长的香蒲遮蔽了土壤，致使在其他两个湿地生长良好、具有固土作用的苔藓不能生长，进一步提高了香蒲湿地的土壤侵蚀程度。

泽德勒的意外发现，不仅帮助她和其他专家找到了早前许多湿地恢复项目收效甚微的原因，还给他们带来了许多启示。其中最重要的经验是，不要试图去重建一个功能齐全的湿地，这样只会让我们更加不知所措。美国纽约州立大学布罗克波特分校的湿地科学教授道格·威尔科克斯（Doug Wilcox）指出："全面恢复湿地的功能谈何容易，这其中有太多变数，我们根本不知道该怎么做。"

相反，科学家应该将精力放在少数关键目标上，比如重建陆地、改善水质或者提高鱼类的种群数量。然后，再设计合理的工程系统，尽最大努力来实现这些目标。一旦这些关键工程完成，研究人员就应该放手，让大自然按自己的意愿去完成其他细节。

另一个经验就是，要像泽德勒那样，对湿地工程进行多年监测。长期监测之所以重要，是因为我们需要时间来发现一些出人意料的细节，比如哪些环节起作用、为什么起作用，并对工程做必要的调整。"改造湿地可不像维修汽车，"威尔科克斯打趣说，"湿地没有配备维修手册。"

我们应该清醒地认识到，彻底恢复湿地原貌，通常是不可能的，科

学也有它的局限性。能在一两个关键目标上取得成功，就已经是非常重大的突破了。越来越多的湿地改造项目正在取得成功，从美国的特拉华海湾、密西西比河三角洲到亚洲的伊拉克和南美洲的圭亚那海岸，都在发生着鼓舞人心的变化。美国佛罗里达沼泽湿地研究公园的负责人威廉·米奇（William J. Mitsch）说："现在，湿地恢复得比过去好多了。"

自然之肾

湿地对人类的价值是如此之大，以至于最近备受称赞。米奇把湿地称为"大自然之肾"和"所有猎食与被猎食小动物的生态超市"。美国新泽西理工学院的资深科学家迈克尔·温斯坦（Michael Weinstein）有一张巨大的招贴画，上面写着："没有湿地就没有海产品"。迈克尔曾成功证明，沼泽食物链与远处的近海海域生态系统有密切关系，他说："湿地是我们赖以生存的支撑系统。"



在美国威斯康星大学麦迪逊分校的实验湿地中，由于城市暴雨径流流入小池，导致了香蒲（图中墨绿色部分）的意外入侵，图中野生沙丘鹤正在离开用于收集雨水的小池。

湿地也是我们的保护神。美国马萨诸塞州伍兹霍尔海洋研究所已退休的盐沼泽专家约翰·蒂尔（John M. Teal）说："飓风'桑迪'之类的事件

使很多人开始明白，消灭沼泽和沙丘是多么愚蠢的行为。”例如，在长岛杰梅卡湾，那些仅存的、为数不多的盐沼泽帮助人们安全地度过了暴风雨；相反，在曼哈顿，由于周围的湿地已经完全丧失，城市直接暴露在汹涌的大海面前，当地受到了严重破坏。湿地还可以吸收从农田流失到河流的营养成分，避免当地海域暴发藻华、形成缺氧死水区。湿地还能调洪蓄水。此外，米奇还指出：“湿地茂密的植被和肥沃的有机土壤，可能是这个星球上最好的固碳系统。”

然而，湿地正在快速消失。在美国的艾奥瓦州和特拉华州，人们把湿地抽干，种植玉米和盐干草（用作饲料）；在泰国，人们在湿地上蓄水，构筑成养鱼虾的池塘；在全世界范围内，大面积湿地被填充，建造成机场和城市。遍地修筑的防洪堤坝也阻断了湿地从河流获得沉积物的途径。米奇估计，曾经覆盖地球陆地表面4%～6%的湿地，如今只剩下不到一半。现在，越来越多的人正投入到保护湿地的战斗中。据大自然保护协会高级政策顾问杰茜卡·本内特·威尔金森（Jessica Bennett Wilkinson）估计，美国每年依照《净水法案》（*Clean Water Act*）第404条，开出的湿地罚单金额就达39亿美元。该法案要求开发者或其他湿地破坏者必须支付修复湿地或重建补偿性湿地的费用。

在全球范围内，大量的经费用在诸如种植红树林之类的湿地恢复项目上。不幸的是，有证据表明，这些钱没有用对地方。刘易斯环境服务咨询公司总裁罗宾·刘易斯（Robin Lewis）估计，90%的重建红树林沼泽项目是失败的。他指出：“每年有数百万美元浪费在失败的项目上，而这些失败带给我们的教训都是相似的。”最近，斯坦福大学湿地生态学家戴维·莫雷诺－马特奥斯（David Moreno-Mateos）针对621块恢复后的湿地开展了一项调查，结果表明，即使50～100年后，这些恢复的湿地在生态功能上也远远不及等量的天然湿地。

导致湿地难以恢复的原因之一，是生物学与工程学之间的鸿沟。米奇指出：“搞生物学的人在做一件事，搞工程的人却在做另一件事，他们都只了解自己的领域，对对方的领域却不甚了解。”美国陆军工程兵团负责监督绝大多数由美国政府资助的湿地恢复项目，他们也提出了相似的批评：“搞工程的人常常无视生物学的本质。”

最根本的是，那些湿地恢复工程的负责人，缺乏泽德勒、威尔科克斯和其他人那种孜孜以求的钻研精神。威尔科克斯批评说：“让我恼火的是，那些得到资助做湿地恢复的人，完全没有开发出一套行之有效的方

法，他们从一开始就没有走对路。”

恢复水文条件

如何才能让湿地恢复得更好呢？在每个湿地恢复项目中，都应集中精力，从一两个生态效益着手。然后，选择一个主要的技术手段，来实现这个目标。其中一个最根本的技术手段就是恢复适宜的水文条件，这点看起来谁都想得到，却经常被忽视。“这不是什么难事，就是水文学、水文学，还是水文学。”刘易斯说。

在一些特殊情况下，仅仅让水回到湿地，就可以焕发出神奇的魔力。2000年以前，伊拉克南部有7700平方英里（1平方英里≈2.6平方千米）的沼泽，但由于战争、筑坝等因素，90%的沼泽遭到破坏。2003年，名为“重返伊甸园”的湿地恢复项目，开始从底格里斯河和幼发拉底河引水，使得沼泽地再次焕发生机。成千上万的原住民返回家园，他们饲养水牛、捕鱼并用芦苇编织草席，重新开始了美好生活。不过，这些沼泽的生命力仍然很脆弱—土耳其人正在底格里斯河上修建一座大坝，这很可能会再次造成沼泽水资源短缺。

刘易斯说，当前，全球范围内的红树林沼泽正以每年超过250,000英亩（1英亩≈4000平方米）的速度消失，恢复适宜的水文条件，对于重建红树林沼泽而言至关重要。我们可以把湿地恢复项目的目标锁定在帮助红树林茁壮成长上，让红树林发挥抵御洪灾，消减风暴和潮水的作用。至于红树林带来的其他附带效益，则可以算作是额外的“福利”。

以前，一个项目团队的通常做法是，先建立一个苗圃，培育出成千上万的红树林幼苗，然后再将这些幼苗种植在沿海的泥滩上。刘易斯说：“这些项目刚开始被认为是成功的，然而实际上，这些树在3～5年后就全死光了。”

不过，水太多了也不行，对红树林来说，水多也是祸。“实际上红树林的大部分生命时光并不是在水中度过的，”刘易斯解释道，“这是几十年来一直被人们忽视的一个问题。”2012年7月，湿地恢复专家杰米·梅钦（Jamie Machin）来到圭亚拉，成为兰德尔·米尔斯发展咨询公司的领导人。他测量了一些失败项目所在地的水深，结果发现，这些地方的平均水深为20英寸（1英寸≈2.5厘米），树的底部和根部长时间浸泡在这么深的海水中，会慢慢死亡。

梅钦与政府团队协作，在湿地上修建一种名为丁坝的结构，然后在上面种植大米草；丁坝可以捕获沉积物，抬高泥滩，从而减少树木浸泡在水里的时间。用这个简单的办法，项目组也省下了培养苗木和移植的昂贵花销，因为树木长大后，会自己繁殖—大树会产生能发育成植物的芽，这些密封在果荚中的芽会从大树上脱落，从水面向四周飘散，不断向新的海岸泥滩扩展繁殖。梅钦断言，“一旦沉积层堆积，树林健康成长，就会繁殖出足够多的芽，使红树林恢复。”因此，根本没有必要力图恢复一个功能齐全的天然红树林生态系统。

在佛罗里达西南部的鲁克里湾国家河口研究保护区，刘易斯正在用同样的方法，抢救一个面积大约为1000英亩的红树林沼泽。20世纪30年代建成的海滨公路，切断了这个区域与潮汐之间的联系。一旦遇上暴雨，沼泽就会像装满水的浴缸一样，树木泡在水中，几乎无法呼吸。为了恢复水文条件，刘易斯计划在公路下修建排水涵洞，清理堵塞的潮沟（指由于潮流作用形成的冲沟），这样即使遇上大暴雨，水也可以迅速排出，同时海湾里的水也可以随潮汐涨落自由进出沼泽地。需要再次强调的是，这个项目的主要目标也仅仅是挽救树木。然而，由此带来的额外效应已经出现—调查显示，在一期工程的6英亩沼泽中，不仅红树林变得更为健康，招潮蟹和锯盖鱼的种群数量也开始大幅增加。“当整个项目完成后，这个区域将有更多有价值的鱼类种群得到恢复。”刘易斯说。

从上面两个案例我们可以发现，大自然有强大的生命力，一旦水文条件得以修复，它就会焕发出巨大的自愈能力。当然，在有些情况下，大自然也需要更多的帮助。比如，为了蓄水筑坝，维持行船和发电所需的高水位，加拿大安大略湖滨区损失了成千上万亩莎草湿地—没有了低水位期，高度多样化的莎草生态系统逐渐被入侵的香蒲替代。为了恢复湿地，政府监管部门正在考虑制定政策，在自然低水位期进一步降低湖泊的水位。

不过要想实现恢复莎草群落这一明确目标，除了降低水位，还需要采取关键性的第二步—清除香蒲。威尔科克斯和他的学生采取的措施是，在春季割除香蒲，因为春季正好是香蒲的脆弱期—生长消耗掉了前一年储存的能量，而光合作用还来不及补充能量。以后再出现的新芽，他们则用除草剂来清除。





美国特拉华海湾的托恩盐沼泽（上图，拍摄于1998年），通过河堤打开的一个小缺口，让淡水流入沼泽，并自然冲刷出潮沟，使得植物重新生长、繁茂（下图，2013年拍摄）。

成功案例

专注于主要目标的湿地恢复策略，已经在美国特拉华海湾得到了丰厚的回报。这里曾经遍布盐沼泽，盛产螃蟹、鱼和其他水生生物。然而，荷兰移民者在这里建立了堤坝，抽干了数千英亩水域，种植盐干草来喂养动物。直到今天，这里的农场还在用盐干草生产护根物（护根物可以抑制杂草生长，保持土壤水分）。

海湾上的塞勒姆核电站隶属于美国公用事业企业集团（Public

Service Enterprise Group, PSEG）。这个核电站每天需要抽取数十亿加仑（1美制加仑≈3.79升）的海水用作冷却水，这个过程会杀死不计其数的进入管道的小鱼和其他生物。20世纪90年代初，美国监管部门曾要求PSEG修建冷却塔，以停止这种“屠杀”行为。由于舍不得花10亿～20亿美元修建冷却塔，该公司提出了一个替代方案：恢复超过10,000英亩的盐沼泽，以弥补核电站对鱼类的伤害。

PSEG当时的环境项目经理约翰·巴利托（John Balletto），带来了一支湿地恢复“梦之队”。他们确定了促进鱼类种群恢复的最好方法—在堤上凿出缺口，将适量的水放进沼泽，让原本已经消失的迷宫般迂回曲折的大小潮沟重新形成。重要的是，对其他方面，不要进行太多干涉。“如果你设计一个很周详的排水系统，这个系统只可能会按照你的设想运行，”咨询顾问蒂尔解释说，“但是，如果你允许它自我发展，系统可能会更稳定。”

这个团队开挖了主渠和少量支渠，余下的细小渠道，则让大自然自己发展。科学家相信，大自然会迅速完善整个沼泽，而事实也再一次验证了这一理论的正确性。如今，沼泽中增加的鱼类种群数量，足以弥补电厂取水造成的损失。蒂尔说：“尽管当初的主要目标是为鱼类提供一个更好的环境，但如今，恢复的沼泽与临近的自然沼泽几乎没有区别。”

目前，PSEG仍在继续监测这个沼泽，并处理一些突发性问题。“尽管大多数湿地恢复项目都只监测一两年，”蒂尔说，“我们却会一直跟进20年。”做好这个项目的代价是昂贵的，到目前为止，PSEG的投入已经超过了1亿美元，但是，比起投入10多亿美元修建冷却塔，这个费用还是很低的。

湿地消失档案

1900 年以来，在北美、欧洲和中国已经有 **50%** 的湿地消失	1980 年以来，全世界范围内有 **8,900,000** 英亩（约 3.6 万平方千米）红树林消失
全球范围内每年有 **252,000** 英亩（约 1020 平方千米）红树林消失	恢复的湿地生态系统中的植被仅相当于天然健康湿地的 **74%**

数据来源：表中左上和右下的数据来自《公共科学图书馆·生物学》（PLOS Biology）2012年1月《恢复湿地生态系统中的结构和功能损失》（Structural and Functional Loss in Restored Wetland Ecosystems）一文，作者莫雷诺—马特奥斯（D. Moreno-Mateo）等。

表中右上和左下数据来自联合国粮农组织2007年的报告《1980-2005年世界红树林》（The World's Mangroves 1980-2005）

史无前例的工程

成功恢复数千英亩特拉华海湾盐沼泽虽然让人欣喜，但科学家能不能接受更大的考验—恢复美国路易斯安那州的沿海湿地呢？美国国家湿地研究中心负责人菲尔·特尼普西德（Phil Turnipseed），曾把发生在路易斯安那州沿海湿地的悲剧，称为“北美大陆最大的环境、经济和文化灾难”。专家说，在过去的80年内，那里已有超过1800平方英里的沼泽消失。对于这一问题，我们可能很快就能知道答案。

美国路易斯安那州政府已经制定了一个长达190页的《路易斯安那州可持续海岸综合规划》（*Louisiana Comprehensive Master Plan for a Sustainable Coast*），计划挖开堤岸，将裹挟着泥沙的密西西比河河水引流到沼泽和海岸，来恢复濒临灭绝的湿地，并重建一部分新的湿地。石油巨头英国石油公司将因“深水地平线”钻井平台原油泄漏事故，向该地区赔付数十亿美元。美国环保基金会密西西比河三角洲恢复中心主任史

蒂夫·科克伦（Steve Cochran）说："规划方案和资金都已到位，这种情况前所未有。"

专家们打算继续遵循"专注一个目标"的经验—先把重点放在重建和维护数百平方英里的土地上。但即使这样，规模也远远大于早前任何湿地恢复项目。路易斯安那州立大学的名誉教授约翰·戴（John Day）称其为"生态系统服务的喜马拉雅山"。如果项目成功，整个美国东海岸将有望不再受暴风雨的威胁，这片广阔区域也将再现生机和活力。如果失败，随着全球变暖，海平面上升，新奥尔良很可能会变成"现代版的亚特兰蒂斯"（传说亚特兰蒂斯在公元前一万年左右被史前大洪水毁灭），使得无数生活在这个区域的人不得不背井离乡。戴说："如果这样，后果真是不堪设想。"

类似项目的典范当属威克斯湖三角洲项目，1942年美国陆军工程兵团将裹挟着泥沙的阿查法拉亚河水引入路易斯安那州摩根城西南，形成了一片广阔的新沼泽地。"这是一个美丽的区域，布局合理，物种多样，河堤上柳树成荫，"美国巴吞鲁日海湾水资源研究所首席科学家、新奥尔良大学教授丹尼丝·里德（Denise Reed）说，"那里土壤非常结实，你可以在上面蹦蹦跳跳。"

里德和其他负责路易斯安那州沿海湿地恢复项目的科学家估计，用同样的方法，50年后，这个项目就能形成面积达300平方英里的新湿地。然而，以路易斯安那州立大学的吉恩·特纳（Gene Turner）为代表的怀疑论者则认为，这一估算过于乐观。特纳认为，历史记录显示，即使条件有利于滩涂堆积，滩涂的增长速率也仅是规划预测的1/50。在该地开展了10多年的小规模改道试验则显示，滩涂根本没有任何增长。特纳指出："项目组可能正在将大量资源浪费在一个错误的项目上。"

像特纳这样的怀疑者虽属少数，但数据确实显示，河流中裹挟的泥沙类型和总量非常关键。威克斯湖三角洲构筑在6.5～13英尺（约2～4米）厚的砂质矿石沉积层上，这些砂质矿石主要通过较低的河堤开口进入湿地。较高的河堤开口只能使细颗粒有机沉积物进入湿地，而这种类型的沉积物可能会被下一场飓风冲走。更为复杂的是，密西西比河河水中富含源自美国中西部农场的营养成分，这使植物在新形成的沼泽上不用扎根很深就能茁壮成长，因此没有植物根系固定的松散土地，非常容易被暴风雨冲走。所以特纳和其他人转而支持另一方案—应将被石油公司挖开的运河填上，减少海水对湿地的侵蚀，帮助植物生长。

引入富含泥沙的河水以恢复湿地，这个方案会成功还是功亏一篑？科克伦说："这引起了激烈的辩论，每一方都有自己的理由。"然而，我们已经没有时间来辩论了。大多数科学家都同意必须马上开始行动，否则连可供恢复的仅存湿地也将不复存在—耽搁就意味着再也没有从失误中学习和调整的机会了。

正如本文开头，略厚的黏土层使泽德勒的3块小湿地完全不同一样，细节将决定湿地恢复工程的成败，不管是在路易斯安那州，还是世界其他地方。虽然湿地恢复面临的挑战仍然很艰巨，但泽德勒的研究表明，科学家至少已经知道了他们今后的努力方向。"我们无法让时光倒流，"泽德勒说，"但我们也不能停止尝试。"

扩展阅读

Structural and Functional Loss in Restored Wetland Ecosystems. D. Moreno-Mateos et al. in PLOS Biology, Vol. 10, No. 1, Article No. e1001247; January 24, 2012.

Creating Wetlands: Primary Succession, Water Quality Changes, and Self-Design over 15 Years. William J. Mitsch et al. in BioScience, Vol. 62, No. 3, pages 237–250; March 2012.

Wetland Creation and Restoration. William J. Mitsch in Encyclopedia of Biodiversity. Second edition. Edited by Simon Levin. Academic Press, 2013.

资源危机新解

能源、水和食物的短缺，都是我们正在面对的问题。许多国家和地区试图将这三者分开来解决，但是，面对这样的难题，整合资源与产业或许才是更好的出路。

撰文 / 迈克尔·韦伯（Michael E. Webber）

翻译 / 陶凌寅



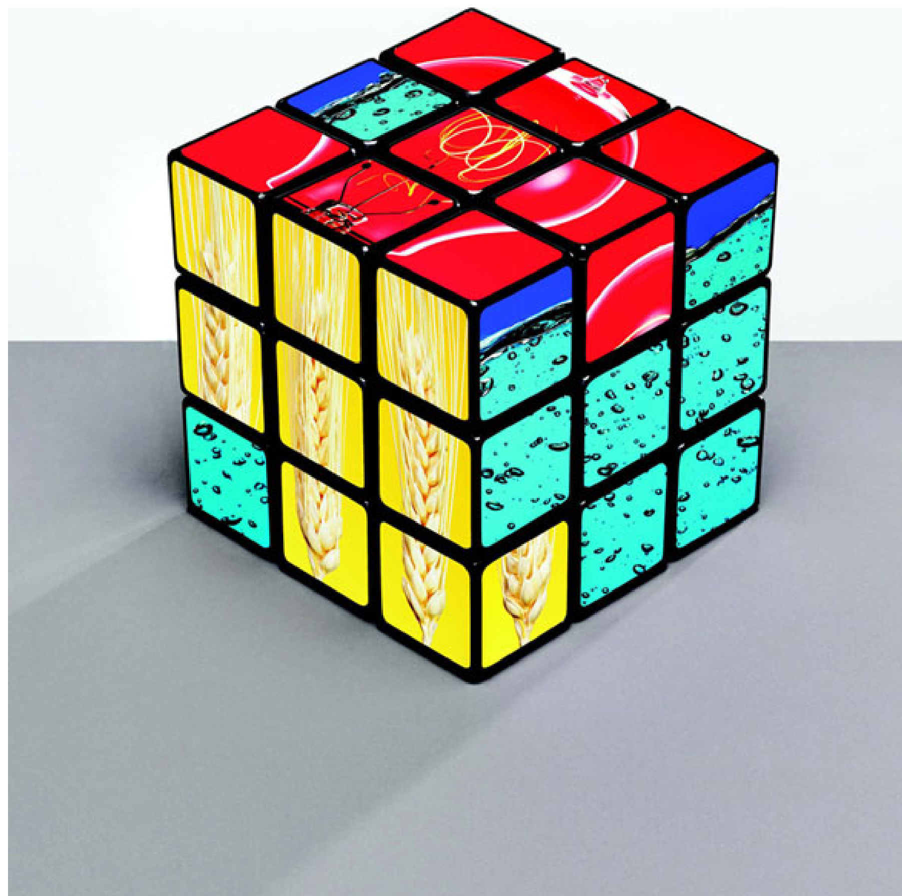
精彩速览

世界正试图分别改善能源、水和食品的供应，如果将这三项挑战作为一个整体，更有利于解决环境、贫困、人口增长和疾病问题。

可能的解决方案包括：减少食品浪费可以节省能源和水；室内农场可以使用城市废水种植农作物，为自己所处的建筑物供电；在电站旁边

养殖藻类可以将废水和碳排放转化成食品或生物燃料；沙漠地区的风力涡轮机可以把含盐地下水转化成淡水；智能供水系统可以节约水资源和能源。

能源、水和食品资源的规划者、决策者们必须改变各自为政的工作方式，转而制定综合性的政策和公共建设解决方案。



迈克尔·韦伯是美国得克萨斯州大学奥斯汀分校能源研究所副主任。他在《能量饥渴》（*Thirst for Power*）一书中讨论了现代世界中能源和水资源的使用问题，该书即将由耶鲁大学出版社出版。



2012年7月，印度三家区域性电网发生故障，造成了地球上最大规模的断电事故，导致超过6.2亿人（约占世界人口9%）无电可用。缺水让粮食生产吃紧，是这次事故的主要原因。由于大规模旱灾，农户将越来越多的电动水泵插入地下，在更深的地方抽取地下水灌溉农田。这些水泵在烈日的炙烤下疯狂运转，增加了供电需求。与此同时，水位降低意味着水力发电大坝的供电量将比平时更低。

更糟糕的是，在2012年年初，印度曾发生过一次洪灾，洪水冲过农田时，带走了一些泥土，这些泥土随后被洪水带入水库，堆积起来，进一步削弱了水库的蓄水能力。就这样，人们在突然之间陷入了黑暗。此次事故中，受影响的人数超过了整个欧洲的人口总数，是美国人口的两倍。

令人惊讶的是，美国加利福尼亚州也面临着相似的困境：能源、水和食品的问题纠缠不清。积雪量缩减、降水量达到历史低点，科罗拉多河流域持续不断地开发，使加利福尼亚州中部的河水量减少了1/3。加利福尼亚州的水果、坚果和蔬菜产量占全美国的1/2，奶产量占近1/4，现在，农场主们却像发疯一般地抽取地下水。2014年夏天，一些地区的灌溉用地下水抽取量比2013年翻了一番。由于地下水的减少，400英里（1英里≈1.6千米）长的中央谷地正在发生沉降。而当人们对电力的需

求越来越大时，南加利福尼亚州爱迪生电力公司却不得不关闭两座大型核反应堆，原因是缺少冷却水。圣迭戈市原本计划在沿海地区修建一座海水淡化厂，但遭到了一些激进分子的反对，理由是该项目会耗费过多的能源。



2014年7月，位于亚利桑那州和内华达州交界处的米德湖水位创历史新低，对拉斯维加斯市的饮用水以及胡佛大坝（图左）的灌溉、发电工作造成了威胁。

能源、水和食品是这个世界上最关键的三种资源。尽管这一事实已在政策圈中达成共识，但这三种资源之间的依赖关系却被严重忽视。其中任何一种资源的紧缺都会影响另外两种。这使得真实社会要比我们想象的脆弱得多。潜在的灾难正等待着我们，而我们尚未做好准备。

然而，我们已经做了一些重大决定—修建发电站、水利设施和农田，这些设施一旦建成，影响会持续多年，还有可能把我们困在一个脆弱的系统中。根据国际能源署2014年的一份报告，从现在起到2035年，仅仅满足全球的能源需求就需要48万亿美元的投资。国际能源署的执行主任说，确实存在“投资方向不当”的风险，因为（能源事业可能遭受的）一些负面影响并没有得到恰当的评估。

要解决这些大问题，目前迫切需要的是一种整合各方因素的综合性思路，而不是将这三个问题拆开来解决。在这个星球上，很多人口集中点都受到了旱灾的袭击；能源系统火力全开的同时，却不得不面对环境的限制和成本的飙升；粮食系统也得艰难挣扎，以期跟上不断增长的需

求。放眼全球问题最大的地区，你会发现食品、水和能源的关系问题往往是冲突上演的背景。干旱、食品价格过高和岌岌可危的政权激起了利比亚和叙利亚的动荡。我们只有解决了这个内部相互勾连的难题，才有可能创造一个更和谐、更有复原能力的社会，但我们该从何处下手呢？

连锁反应

赖斯大学的已故诺贝尔奖得主理查德·斯莫利（Richard Smalley）在2003年的一次演讲中给了我们一个提示。演讲的主题是“未来50年人类的十大难题”。按照重要性由高到低，他列出了一个清单：能源、水、食品、环境、贫穷、恐怖主义和战争、疾病、教育、民主以及人口。能源、水和食品位列前三，因为这三个问题与其他问题都有错综复杂的关系，解决了它们，剩下的问题就迎刃而解了。例如，只要拥有足够清洁、可靠、成本低廉的能源，就能大量生产清洁的淡水。有了大量清洁的淡水和能源（来制造化肥、驱动拖拉机），就能保障粮食生产，以此类推。

斯莫利的清单列得很精彩，但他忽略了两个微妙却很重要的因素。其一，能源、水和食品是相互关联的；其二，虽然一种资源的丰富可以保障其他资源，但一种资源的短缺也能造成其他资源的短缺。

如果能源是无限的，我们想要多少水都行—我们可以把整个海洋都淡化，可以挖非常深的水井，还可以跨大陆输水。如果水是无限的，那能源也是取之不竭的—我们可以到处建造水电站，可以灌溉无穷尽的作物。如果水和能源是无限的，我们可以让沙漠遍地开满鲜花，可以建造高产的室内农场，一年四季都生产粮食。



2012年的大规模断电事故之后，印度加尔各答的旅客滞留在车站。断电是因旱灾期间农场过度使用水泵抽水进行灌溉而引起的。

但是，我们并没有生活在一个具有无限资源的世界中。我们的世界充满了限制。人口在增长、平均寿命在延长、消费需求在变大，在这样的压力下，资源限制导致连锁事故发生的可能性越来越高。

例如，科罗拉多河流入拉斯维加斯市外的米德湖，而米德湖的水位现在已降至历史最低线。城市将两根大型管道插入湖水中获取饮用水。如果水位持续下降，就可能降得比这两根管道的取水位还低，下游的大型农业社区或许会面临河流干涸的窘境，米德湖胡佛大坝中的巨型水力

发电涡轮机的供电量也可能会降低甚至停转。拉斯维加斯的解决方案是花费将近十亿美元建造第三根大型水管，从米德湖的更深处取水。这么做没什么好处。美国斯克里普斯海洋研究所的科学家发现，如果气候变化和预计的情况一样，并且科罗拉多河流域的城市和农场不减少用水量的话，米德湖将在2021年干涸。

在乌拉圭，政治家们必须做出决断，到底如何使用水库中的水，饮用、灌溉还是发电？2008年，萨尔托大坝上游的乌拉圭河水位严重下降，大坝的总装机容量和胡佛大坝几乎相同，但14组涡轮机中仅有3组运转发电，因为本地居民希望把水存起来用于灌溉或其他方面。当时，沿河居民和他们的政治领袖不得不有所取舍，看他们究竟是要电力、食品还是饮用水。一个环节受限就会导致另外两个环节也受限。尽管这场危机早已离开乌拉圭，但它仍在世界其他地区反复上演。比如，在得克萨斯州和新墨西哥州这些受旱灾侵扰的地区，最近政府已经限制，甚至禁止了水力压裂法开采石油和天然气，以便节省更多的水资源用于农业生产。

在我们消耗的水资源中，有大约80%用于农业—也就是食品生产。将近13%的发电量用于水资源的获取、净化、运输、加热、冷却和排放。我们用天然气制造化肥，用石油制造农药，用柴油驱动拖拉机和收割机，这些都抬高了食品生产对能源的需求。食品厂的制冷过程极为耗电，食品类产品包装在用石化原料制成的塑料之中，我们从商店购买食物回家烹饪也都需要能源。三种资源之间的相互关联是一道混乱的难题，任何一部分发生扰动，整个系统都将变得脆弱不堪。

是时候巧妙应对了

我们不能再愚蠢地用旧的设计方案建造更多的发电站、供水和水处理设施了，也不能再用过时的方法种庄稼，不能再无视各种因素间的相互影响而使用更多的石油和天然气。要知道，我们能够用可持续的方式将这些生产活动整合起来。

最显而易见的办法是减少浪费。在美国，超过25%的食物都进了垃圾桶。我们花了大量的能源和水来生产食品，如果能减少浪费的比例，立马就能节约好几种资源。减少食品浪费的途径有很多，最简单的是减少每一份菜的分量以及少吃肉—生产肉类的能耗是谷物的4倍。我们还

可以把丢弃的食品和粪便等农业废弃物放置在厌氧消化池中，将之转化为天然气。厌氧消化池里有一些金属球体，看起来像闪亮的泡泡。消化池中的微生物可以分解有机物，并在这个过程中制造甲烷。如果把这种技术广泛地运用于家庭、餐馆和农场等中心位置，那么我们一方面可以创造新的能源和收益，另一方面还可以减少处理垃圾用的能源和水资源。

废水是另一种可以转化为资源的副产物。在加利福尼亚州，圣迭戈市和圣克拉拉市已经在使用经过处理的废水灌溉农田。经过处理之后，水质甚至已经达到可以饮用的程度，如果监管机构允许，这种水就能辅助市政供水。

哥伦比亚大学的迪克森·德波米耶（Dickson Despommier）是城市农场的倡导者，他提出了“垂直农场”的概念，这种农场可以安置在玻璃摩天楼的内部。例如，纽约市民每天制造出10亿加仑（1美制加仑≈3.79升）的废水，市政机构要花费大量的资金净化它们，然后将之排进哈得孙河。但是，这些处理后的废水可以用于灌溉垂直农场中的作物，这样既可以生产粮食又可以减少农场的供水需求。从废水中提取的固态物质一般都烧掉了事，其实焚化过程可以给大型建筑供电，减少大型建筑对能源的需求。另外，新鲜食品就在消费者生活和工作的地方被生产出来，在减少食品运输距离的同时，也就潜在地节约了能源，减少了碳排放。

一些初创公司正尝试利用发电站排出的废水和二氧化碳，在电站旁边养殖藻类。藻类吸收气体和水，为人们提供动物饲料和生物燃料。藻类养殖可以从废水中移除化合物，从大气中吸收二氧化碳，这同时也在应对斯莫利清单上的第四个难题—改善环境。

我们还可以收集电站排放的二氧化碳创造能源。我在得克萨斯州大学奥斯汀分校的同事们就设计了一个系统：将电站的二氧化碳废气注入深埋于地下的卤水矿中。二氧化碳始终浸入水中，不进入大气，它将热甲烷推挤出来，使之冲出地表。甲烷可以当作能源出售，而热能可以用于工业生产。

明智的节能理念也能帮助我们同时节约不同资源。其实，使用电灯和电源插座等电力设施要比使用水龙头、淋浴喷头更费水，因为电站需要消耗大量的冷却水，这些看不见的水力开销，自然不会纳入我们思考的问题中。同样，加热、处理和抽取水资源也比照明更费电。关掉电灯

和电器能节约大量的水，而关掉水龙头能节约大量的能源。

我们也可以重新思考如何更好地利用能源和水，用它们在预想之外的地方种粮食。在美国西南部的沙漠地区，含盐浅层地下水的储量十分丰富。这里的风能和太阳能也很丰富，但这些能源利用起来难度很大，因为夜间没有太阳，而风吹得断断续续。但这种能源状况对水的淡化过程却无大碍，因为干净的水很容易储存，以备未来使用。海水淡化会耗费大量的能源，但含盐地下水的盐度并没有海水那么高。我们在得克萨斯州大学的研究表明，用间歇性风力淡化含盐地下水要比用风力来发电更有经济价值。而且，处理过的水还可以灌溉作物。这种资源间的联结关系是对我们有利的。

同样的思维可以应用于改良开采石油和天然气的水力压裂法。水压法有一个令人烦心的副作用：喷出井口的废气（主要是甲烷）在空气中明亮地燃烧，那火焰非常壮观，夜间从太空中都能看到。水井还会排出很多废水—数百万升的淡水注入井中用以压裂，再次流出时，水中包含了盐和化学物质。

如果运营者够聪明，他们可以用这些甲烷来驱动蒸馏器或其他热能机器，然后清洁废水，使其可以就地循环使用。这么做可以节约淡水，同时也能避免能源浪费，消除废气排放时的燃烧现象。

在为家庭和企业提供水时，我们也可以变得更智能。智能电网中嵌入的传感器有助于提高配电效率，而目前供水系统的性能甚至比电力系统更差。使用了上百年的、早已过时的计量器常常无法准确地记录用水量。专家说，在老旧的输水管道中，有10%～40%已处理的水都渗漏了。在供水系统中嵌入无线数据传感器将为公用事业提供更多的管理手段，以减少管道渗漏和随之失去的财政收入。智能供水也有助于消费者管理自己的用水量。

我们也可以生产智能食品。通常，很多食物会被浪费，因为食品店、餐馆和消费者都依赖“保质期”来粗略估计食物是否已经变质。过期的食品就不再出售或食用，尽管食物可能并没有变质—如果温度和储存条件管理得当的话。更智能的办法是直接用传感器来评估食品质量。例如，我们可以在食品包装上使用热敏油墨，如果食品暴露在不当的温度下，或者不良微生物开始增长，那油墨就会改变颜色，提示我们食品已腐败。我们还可以沿着供应链安装传感器，测量腐烂的水果和蔬菜释放的示踪气体。这些传感器可以使制冷控制变得更严格，防止产品损失。

塑造新未来

尽管许多技术方案可以改善能源、水和食品间的关系，但我们并没有好好利用这些方法，因为在意识和政治层面，人们并没有完全理解这三种资源之间的相互关系。政策制定者、企业主和工程师通常各自为政，孤立地在某一个问题上努力。

遗憾的是，政策、监督和资金分配决策是由独立的机构分别做出的，这一点使问题变得更加复杂。能源规划者认为，他们能够得到所需的水；水资源规划者认为他们能得到所需的能量；食品资源规划者认识到了干旱的问题，但他们的对策却是开足马力抽取更深的地下水。我们目前所需的最重要的创新，就是从整体上考虑资源间的相互联系。

这种思维方式将带来更明智的决策。例如，政策可以资助研发耗水少的能源技术、耗能低的水利技术，还有可以防止损失并且省水省电的食品生产、存储和监控技术。设置跨资源的效率标准可以一举两得。推广新的建筑规范也是一种减少浪费和提高性能的强大手段。在批准新能源站点投产时应当进行水足迹评估，反之亦然。另外，对于整合了这些技术方案的机构，政策制定者可以为之设立循环贷款基金，进行直接投资或提供税收优惠。

我们也看到了鼓舞人心的新气象。在北卡罗来纳州查珀尔希尔举行的“联结2014：水、食品、气候和能源”会议上，来自33个国家的300名代表发布了一份声明。政界代表和来自世界银行、世界企业永续发展委员会的代表在声明中表示，“世界是一个复杂的系统”以及“应该寻求有利于系统整体的解决方案和政策干预”。

正如斯莫利指出的，能源是驱动力，我们必须考虑利用能源这一环节来同时解决多重挑战。例如，一些政策偏执地要求降低大气中的二氧化碳水平，这可能推动我们去选择非常耗水的低碳电力，比如核电站或配备碳捕获技术的火电站。

个人责任感也参与其中。如果我们非要在寒冬吃上新鲜沙拉，要从数千千米之外调运新鲜蔬菜，这就需要一个分布广泛、耗能高的食品配送系统。总之，不管什么我们都想要多来一点儿，这种个人欲望把资源问题推向了崩溃的边缘。能源、水和食品的关系问题是我们的星球目前面对的最棘手的问题。已故的乔治·米切尔（George Mitchell）是现代水力压裂法之父，也是可持续发展的倡导者，用他的话说：“如果连70亿

人的问题都无法解决，那面对90亿人之时，我们又该如何是好？”

扩展阅读

Liberation Power: What Do Women Need? Better Energy. Sheril R. Kirshenbaum and Michael E. Webber in Slate. Published online November 4, 2013.

The Ocean under Our Feet. Michael E. Webber in Mechanical Engineering, page 16; January 2014.

水的重生：从污水到饮用水

如果我们能克服心理上的反感，处理后的污水或许可以成为最安全，也是最环保的自来水水源。

撰文 / 奥利芙·赫弗南（Olive Heffernan）

翻译 / 解跃峰



精彩速览

全球范围内，饮用水已经变得稀缺且昂贵。全新的多级水净化工艺能够将废水转化为洁净的自来水，有助于解决缺水问题。

圣迭戈市已经开发出一种最先进的水净化系统。如果得到监管部门的许可，就能把污水处理后得到的再生水直接输送到每家每户的水管中，为世界上许多国家和城市树立了榜样。

然而，目前面临的一个巨大障碍是，因为再生水是通过污水处理得到的，所以他们首先得说服公众克服对再生水的抵触情绪，哪怕这种处理后的污水比公众现在喝的自来水还干净。



奥利芙·赫弗南是英国伦敦的自由撰稿人，主要报道环境领域的事件。她是《自然气候变化》（*Nature Climate Change*）前任编辑。



2013年12月，在一个阳光灿烂的日子里，我拜访了圣迭戈市北部山脚下的一座水处理厂。这座巨大的“化学实验室”从外表看上去干净明亮，但它只有屋顶没有围墙，而且屋顶是并不美观的米黄色，整个实验室的运营设备在冬日温暖的阳光下有些反光。从任何一个角度，你都能看到一排排银色的管道、形状和大小各异的罐子、用来盛放不明液体的大型灰色金属桶。将要结束此次参观时，我遇到了一项挑战：在我面前的桌子上，整齐排放着三个大玻璃瓶，我需要通过外观，辨别瓶子里的液体分别是什么。第一瓶看起来稍显泛黄，第二瓶是无色的，第三瓶像钻石一般晶莹剔透。

我轻松完成了这项任务，辨别出三种液体依次为：自来水，传统污水处理厂处理过的循环水，以及在该厂经过深度处理后的厕所废水（一般称为再生水）。让人惊讶的是，我非常想尝试面前这瓶经过处理的污水，但是却不能喝。“我们不能喝处理后的水，也禁止游客品尝”，这次参观的向导马尔西·施泰雷尔（Marsi A. Steirer）严肃地说，他是圣迭戈市公用事业局的副主任，负责运营这座工厂。

这种情况也许很快就会得到改善。由施泰雷尔负责的先进水净化装置项目（Advanced Water Purification Facility, AWPF）已经持续运行了6年，该项目于2013年完成。项目显示，当地生活污水经过深度处理后，不仅比现有饮用水更加洁净，而且AWPF装置获取淡水的成本要低于其他途径（如海水淡化）。对于圣迭戈市而言，如果政府监管机构批

准这项计划，水处理工艺将产生质的飞跃。

整个圣迭戈市90%的水资源需要从外部引进，城市东部的水源引自科罗拉多河，北部的水源引自萨克拉门托圣华金河三角洲。但这两处水源都已濒临枯竭，圣迭戈市在未来10年的引水成本将会翻倍。污水再利用可以满足圣迭戈市40%的日常用水需求；同时，改进的污水处理工艺也有更深层的意义，它将结束该市把简单处理后的废水直接排入海洋的历史。

但是，我们仍需面对一个问题，并不是每个人都愿意喝处理后的污水。这种"令人反感的心理作用"使圣迭戈市在20世纪90年代末启动的类似计划流产，而且在2004年，一项民意调查显示，63%的居民仍然反对污水回用。在澳大利亚，许多类似的提议也遭到了同样的命运，都被直言不讳的民间团体否决。劳伦斯·琼斯（Laurence Jones）是澳大利亚公民反对饮用污水民间团体的创始人，他说，"我们只知道污水已经被100%污染了"，他还质疑来自家庭住宅、工业、医院和屠宰场的污水是否可以得到彻底净化。

然而，随着旱情加重，沿海居民增加，圣迭戈市居民的态度经历了一次令人意想不到的转变。目前，约有四分之三的公民同意将厕所污水进行深度处理，但附带的条件是：当污水经过深度处理后，必须先排入水库进行高度稀释，经过进一步净化后，才能输送到每家每户。



反渗透过程在白色圆柱体内部（见左图）进行，这一过程可去除水中的盐与细微杂质。圣迭戈市AWPF水厂每天处理的污水量为4000立方米，最终产出的水的洁净程度，能达到蒸馏水的水平。

这个流程叫作饮用水间接回用，AWPF水厂目前是这一废水回用途径的试验场地，运营人员其实更希望采取另一种途径—饮用水直接回用。也就是，通过高规格的工艺使污水高度净化，净化的水能直接输送到每家每户的水龙头中。然而，许多居民无法接受这种途径的最后一个环节。“还是把处理后的水排入水库更合适，”梅甘·贝伦斯（Megan Baehrens）说。贝伦斯是海岸守护者组织的执行董事，这家位于圣迭戈市的非营利组织一直致力于该市的水资源保护事业，在推动项目实施的过程中起到了关键作用。

加利福尼亚州的监管机构将决定，是采用饮用水间接回用，还是直接回用。一旦敲定，这项决定将影响圣迭戈市和州内其他地区所采用的技术流程。在美国，加利福尼亚州以最严格的环境法规而著称。专家认为，如果饮用水直接回用在加利福尼亚州被认可，这一流程将很快应用于世界上其他缺水的城市。“加利福尼亚州影响着全球的环境决策，在污水处理领域，它也会起到同样的作用”，亚利桑那大学国际水专家沙恩·斯奈德（Shane Snyder）说。

比饮用水更干净

圣迭戈市的试验设备成了所有人关注的焦点。虽然这座水厂每天能生产100万加仑（1美制加仑≈3.79升）的再生水，出厂的水质也能达到饮用标准，但这些水却被用于灌溉附近的托里松林高尔夫球场和墓地。施泰雷尔希望在未来的5～10年内，能将水厂的产能扩大10倍。默认方案是将深度处理后的水，排入当地的圣维森特水库进行稀释；经过一系列消毒处理后，再输送到居民家中。如果监管机构允许，也可以将水厂处理后的水直接输送到居民家中—这将是备选方案。

但是，目前的监管制度还不够完善，还无法让公众信任上述任何一种方案。水厂必须想办法让消费者克服自身心理上的反感，最重要的是，必须要让人们相信，处理后的水足够干净。迄今为止，已有众多不同身份的游客参观过AWPF水厂，其中包括母亲、女童子军（美国学校的课外组织，是美国最大的女孩团体）、医生、官员等4000余人。对于饮用经过处理的水，大多数人都会质疑这种水的安全性，而这种担心并非无本之木。在大多数城市中，即使饮用水经过了常规处理，每年仍有1900万美国人由于水中的病毒、细菌和寄生虫感染疾病，超过900人甚

至因此而丧生。

流程示意图

从马桶到水龙头

居民楼与商业建筑内的盥洗水、淋浴水与冲马桶的水都是宝贵的资源，不是废物。通常，城镇会将污水收集起来，送到污水处理厂，使其净化，然后排放到江河或海洋中（深蓝色箭头）。另一种选择是将水进一步净化，达到饮用水标准，经管道输送到当地水库或地下储水层，甚至可直接输送到住宅与商业区的水龙头中（浅蓝色箭头）。

说服民众的方法之一是确保经过深度处理后的水比目前的自来水更干净。讽刺的是，在参观过程中，游客认识到深度处理后的水确实比他们的自来水干净得多。因为绝大多数人喝的都是“下游”水—上游城市会将经过标准处理后的污水直接排放到河流或湖泊中，而下游城市会直接将这些河流或湖泊里的水作为饮用水水源。明显，把这样的水用作饮用水并不够干净。“密西西比河的水在到达新奥尔良之前已经被使用过了5次”，加利福尼亚大学戴维斯分校的国际水专家乔治·乔巴诺格劳斯（George Tchobanoglous）解释说。然而，人们却还总是想着要让污水处理厂供出的水达到比常规市政供水更高的标准才行。

施泰雷尔提到，目前在圣迭戈市，经深度处理的污水确实比常规自

来水厂供应的水更“干净”。此外，加利福尼亚大学伯克利分校的工程学教授戴维·塞德拉克（David Sedlak）认为，在水库或地下蓄水层储存处理后的水也有风险。比如，鸭子或其他动物的排泄物可能污染水库，岩石中的砷也会渗入到地下蓄水层。塞德拉克说：“有人主张，我们应该直接回用处理过的水，从而避免类似的风险。”

美国饮用水的常规处理工艺是，通过两到三个步骤去除悬浮固体，再进行氯消毒。将有气味的污水转化为清洁的饮用水需要不同的工艺。AWPF水厂处理的水是已经在北城污水回收厂经过初步处理后的污水，AWPF再运用更先进的处理工艺做进一步净化。

AWPF在处理水时，第一道工艺是微滤，微滤需要使用的设备是一根大管子。Trussell技术公司的总裁沙恩·特鲁塞尔（Shane Trussell）说，每根管子里含有9000根意大利面一样的纤维，每根纤维上都布满了微孔，这些微孔的直径不足头发的1/300。污水受到压力，通过微孔时，纤维就会过滤掉水体中的病毒、细菌、原生动物与悬浮固体。

随后，水会在高压下进入更小的纤维管道，这个过程就是反渗透。这道工艺可以去除水中残留的溶解性颗粒，比如化学物质、病毒、药物等，这些颗粒的大小，甚至不到最小细菌的1/10,000。AWPF的最后一道处理工艺是氧化：工作人员会将水放置在一些大缸中，让它们与少量高浓度的过氧化氢混合，然后运用紫外线消毒。这个阶段可破坏所有残余的污染物，让污染物的含量净化到每升1皮克（1皮克＝10^{-12}克）的水平，相当于在数百个奥运游泳池中，加入了一滴污染物。

每天，有4000立方米的废水进入AWPF水厂，其中80%的水会通过所有处理工艺，达到瓶装水的优秀水质。如果处理厂拥有间接回用的许可证，这些水完全可以输送至水库。但目前，在加利福尼亚州，这些水只能通过路边的紫色市政管道，向该区提供灌溉和工业用水。剩余20%的水会送到当地的污水处理厂进行处理。在经过净化的水中，常见的剩余物质有咖啡因、洗涤剂与糖精，但这些物质在净化水中的含量非常低，不会造成任何伤害。而且，相对于常规饮用水每升600毫克的含盐量，净化水的含盐量相当低，每升只有20毫克。

2013年4月，特鲁赛尔和工程师们为净水过程增加了新的工艺，能使处理后的水更加洁净。他们用臭氧，对经过前期处理的水做进一步处理，好让水中99.9999%的微生物都能被去除。同时，他们也会通过特殊的过滤工艺，再次降低水中有机物含量。如果获得成功，这项工艺足

以让监管机构相信，没必要把处理后的水再输送到水库中稀释。特鲁塞尔说，“我们永远不可能说我们已经去除了水中的每一个病原体，”但处理后的水质已经远远超出了美国国家和所有州政府的饮用水标准。事实上，在未经过新工艺处理前，这些水已经符合甚至超过许多水质检测标准了。

让用户接受

在感性面前，理性不一定总能占上风。直接回用净化水需要克服心理上的抗拒感。许多人更愿意考虑间接回用，部分原因是，把处理后的水重新放回水库或储水层中，能在一定程度上消除人们的反感心理—至少我们喝的水来自水库，而不是污水。

对于已经成功推行净化水间接回用的社区，或许有好的范例，可以让我们学会如何让公众更好地接受经过净化的水。20世纪90年代末，加利福尼亚州圣迭戈市以北90千米的奥兰治县面临着供水不足的问题，当地快速增长的人口和日益减少的水资源形成了巨大的矛盾，日益增加的引水成本也是当地政府需要面对的一大难题。2008年，该县声称拥有世界上最大的污水回用装置，可以有效补给当地地下水，为饮用水提供保障。这些装置每天可处理污水20多万立方米，相当于当地20%的用水量。加利福尼亚州的其他城市也开始用处理后的水补给饮用水，但补给的比例都低于奥兰治县。在圣何塞市，有一座耗资6800万美元的先进污水处理厂，该厂在2014年6月开始运行，计划每天为硅谷提供3万立方米左右的再生水。虽然这些处理后的污水已达到饮用水标准，但目前看来，仍然只能用于灌溉农场和高尔夫球场，或作为工业用水。

无论在圣迭戈市还是在奥兰治县，都会有挑剔的居民反对这类计划，奥兰治县的反对人数曾经一度高达70%左右。当然，经过一系列非常有效的公关活动之后，在污水处理厂开始修建时，这一计划已经得到了整个社区居民的支持。公关活动的负责人罗恩·维尔德穆特（Ron Wildermuth）说，在向社区居民推广前，当地工作人员已经收集到该县连续7年的水质数据。接着，他们又花了10年时间，向每一位居民说明这一计划，并邀请人们饮用这种处理后的水。

奥兰治县的成功为圣迭戈市污水回用项目的开展奠定了基础。施泰雷尔说：“奥兰治县的污水回用项目证明了间接回用是安全可行的，如果

没有这个过程，污水直接回用根本不可能实现。”圣迭戈市基本采用了奥兰治县的饮用水间接回用技术。但是，圣迭戈市还是希望直接回用，因为这个地方没有用于储存净化水的天然地下储水层。美国乃至全世界很多城市都存在类似的情况，所以圣迭戈市将成为一块试验地。

澳大利亚的经验则是一个反面教材，借此可以告诉我们，面对公众质疑，哪些做法是错误的。新南威尔士大学的水管理专家斯图尔特·卡恩（Stuart Khan）认为，澳大利亚污水回用计划让人失望。一些省份已经禁止饮用再生水，而且在一些容易遭受旱灾的城市（例如布里斯班和墨尔本），水资源再利用计划已经在公众的反对声中流产。卡恩认为，澳大利亚政府所犯的错误，是在一个错误的时间迫使公众接受再生水。他感叹道，“到了事情已经无法挽救时，我们才认识到，等待是很愚蠢的事情。”卡恩说这话的意思是，澳大利亚政府的作为，让公众觉得是政府在强迫自己接受令他们感到不适的东西。

卡恩还说，和公众交流水资源的问题越早越好，现在正是公关的最佳时机，因为澳大利亚的水供应情况已经有所缓和，在此期间可以争取到更多的时间与公众展开讨论。而且，一个水资源回用系统已经可以使用。在2006年的干旱高峰期，澳大利亚在西部走廊建立了一个水资源回用项目，耗资23亿美元，起初的目的是为工业、农业和日常生活提供用水。该项目计划将水储存到威文霍大坝，这个水坝是布里斯班市内和周围地区大部分饮用水的水源。回用项目能把周围6个污水处理厂的废水收集起来，再输送到3个水处理厂进行深度处理。

然而，在2008～2010年水资源回用系统投入运行期间，该地区再没有出现干旱危机，而回用计划只有在储备水量下降到总容量的40%时才会启用。目前，处理过的污水仅用于当地的工业生产。卡恩和许多澳大利亚水专家都认为，应该将项目中的一个深度处理厂改造为直接回用处理厂，借此为布里斯班市增加35%的供水量。

如果昆士兰州政府采纳了该计划，他们将会在南半球建立世界上最大的直接回用处理厂。虽然在目前情况下，官员和公众更容易被说服，但就像奥兰治县一样，他们仍需要更多的时间和信息来考量这一计划。

昆士兰州政府或许会为美国再生水研究基金会在去年发表的一篇报道大受鼓舞。在一项调查中，基金会的研究人员向不同性别、年龄和教育水平的加利福尼亚州人和澳大利亚人展示了四种不同的饮用水方案。第一个方案是现在的水源，用承纳污水排放的河水作为饮用水水源；第

二个方案是将经过污水处理厂深度净化后的水输送至水库，然后通过自来水厂进行进一步处理；第三个方案是将深度净化后的污水直接排入河流；最后一个方案类似直接回用，即把深度净化后的水直接输送给用户，不用水库和水处理厂的额外处理。不论性别和教育水平，参与这项调查的人都认为，直接回用是最安全的，而目前使用的处理方案（第一个方案）安全系数最低。

无比重要的尝试

明确告诉公众，除了回用废水和污水，没有其他方法可以解决水资源缺乏问题，也是说服公众的一个方法。在纳米比亚，这种方法就成功了。纳米比亚是世界唯一一个直接大规模供应再生水的国家。回溯至1957年，几次旱灾使温得和克市（纳米比亚首都）的地下水急剧减少，基本只能维持8周的城市供水，而这个地方距离海岸约300千米，距离最近的一条常年河流也有800多千米，且没有其他可靠的水源。1968年，温得和克市建立了一座可以直接回用污水的处理厂，并且全面投入使用。现在，在温得和克市，25%的自来水来自处理后的污水。

在温得和克市，公众的质疑要比圣迭戈市少得多。管理回用设施的彼得勒斯·杜·皮萨尼（Petrus du Pisani）说："当时并没有公民运动组织，居民可能有疑虑，但他们别无选择。"在20世纪60年代末，"那时的人们对科学和政府都充满了信心。"尽管如此，他们也邀请了当地居民品尝这些处理后的水。杜·皮萨尼说："现在大家已经接受饮用再生水了。"

但是，纳米比亚的这套设施难以在其他地方推广。尽管采用了多级处理工艺，但设施中并没有用到反渗透工艺，而这种工艺在圣迭戈市及奥兰治县的污水处理过程中至关重要。纳米比亚的官员也说他们的水很安全，完全达到了世界卫生组织的水质标准。

温得和克市地处内陆，因此很难处置反渗透技术产生的大量废盐水。而且在20世纪60年代时，"废水中几乎没有人造化学物质，当时我们主要关注肥皂和发泡剂"，杜皮萨尼说。而缺乏反渗透技术的缺点之一是，水中的盐度含量较高，导致水的味道发咸。

杜·皮萨尼说，温得和克市会在2020年添加小型反渗透装置来除盐。他还说，全世界的饮用水标准都在迅速推陈出新，纳米比亚也不例外，温得和克市的设施已经跟不上时代发展。反渗透会产生大量废盐水，消

耗大量能源，使得污水直接回用的费用过高，而不能在其他城市使用。相反，一些正在开发的新型水处理技术能减少废盐水和其他废料的产生。间接回用和脱盐也需要用到反渗透技术，但比起直接回用，间接回用更节省能源，因为前者需要附加管道和能源来运输水。

干旱已经严重影响了美国的多个地区，它们面临着和温得和克市一样的命运。得克萨斯州比格斯普林市多年来降雨量极少；新墨西哥州的克劳德克罗夫特小镇在周末和节假日里，用水量都会加倍增长，它们一直靠远距离运输缓解用水压力。从2013年起，这两个地方开始使用深度净化后的水来填补饮用水空缺。而这两个地区都没有合适的水库和地下储水层长期储水。克劳德克罗夫特镇只好将净化后的污水与井水或泉水混合，在水池中短暂蓄存后送往自来水厂，然后再输送到各家各户。在比格斯普林市，他们会将远处一个小型水库的水和净化后的水混合处理。这些途径避免了再生水的分类，有些人认为这是直接回用，也有人认为这是间接回用。

为未来找水

圣迭戈市暂时还没有陷入严重的用水困境，所以一些专家认为应该考虑采用其他替代方案。太平洋研究所的主席彼得·格雷克（Peter Gleick）对水资源再利用表示出了足够的兴趣，但他认为，想让加利福尼亚州采用直接回用技术，还需要几十年的时间。他说：“这里还没有必须使用再生水的紧迫感。”格雷克认为，加利福尼亚的各个城市应该更关注节约用水，以及如何优化农业用水。尤其是农业，因为农业用水占该州用水总量的80%左右。但贝伦斯觉得，圣迭戈市的公民已经在节约用水方面做得很好了，“我们不会长时间洗浴，只在早晚凉快的时候才浇灌花草”。施泰雷尔也说，节约用水是自愿行动，很难依赖它来制定用水规划。

在废水处理技术方面打好基础是明智之举。2000年，新加坡启动了第一个再生水处理厂。现在正在运行的四个水处理厂都非常出色，能生产出地球上最纯净的再生水。这些水在出厂前，都会排入当地水库，与未净化的水混合—其中只有不到5%的再生水会用作饮用水，其余的水都会用于工业生产。新加坡40%的水来自邻国马来西亚。即使和马来西亚关系恶化，新加坡也能生产更多的再生水。

一些社区可能担心净化废水的费用太高。圣迭戈市的研究表明，对于间接回用设施，如果每天生产5.7万立方米的净化水，成本约为每立方米1.63美元，和一些城市从外地引水的成本相当。如果利用前面提到的AWPF技术来生产直接再生水，成本为每立方米0.57~0.98美元。目前，圣迭戈市附近的卡尔斯巴德市正在建设波塞冬海水淡化厂，相关工作人员估算，该厂淡化海水的成本为每立方米1.52~1.70美元。但是，一个独立机构估计，加利福尼亚州淡化海水的成本为每立方米1.63~2.44美元，实际成本可能比这个数字更多。

如果AWPF能投入使用的话，不论是以直接回用还是间接回用的方式，都可以算作是一次胜利。水资源回用将成为当地可靠的水源供给方式，能减少直接排向海洋的污水，还能为当地节省数十亿美元的污水处理厂改造费。但是在那之前，这些水还是会通过管道运输到工业区，紫色的管道上也会清楚地写着“禁止饮用”。

圣迭戈市有机会引领世界，让我们重新思考如何去看待和使用污水。乔巴诺格劳斯说：“水是一种可重复利用的资源，而不是废料的来源。”一旦意识到这一点，政府将像私人企业一样尝试利用它。可能还需要十年的时间，才能让加利福尼亚州有对应的法律条文，才能让圣迭戈市将再生水直接输向当地居民的水管。“我们希望喝到这种水，也希望让大家来品尝它。”施泰雷尔说，他非常期待将来能有机会喝上一杯再生水。

扩展阅读

Direct Potable Reuse: A Path Forward. George Tchobanoglous et al. WateReuse Research Foundation and WateReuse California, 2011. Available as a PDF at http://aim.prepared-fp7.eu/viewer/doc.aspx?id=39

Water Reuse: Potential for Expanding the Nation's Water Supply through Reuse of Municipal Wastewater.

National Research Council et al. National Academies Press, 2012. www.nap.edu/catalog.php?record_id=13303

Potable Reuse: Developing a New Source of Water for San Diego. Marsi A. Steirer and Danielle Thorsen in

Journal–American Water Works Association, Vol. 105, No. 9, pages 64–69; September 2013.

Advanced Water Purification Facility: www.sandiego.gov/water/waterreuse/demo

南极大崩解

冰川崩解，涌向大海，速度比所有模型预测的更快。科学家正全力以赴，弄清南极大陆冰架消融的速度及其对海平面升高的影响。

撰文／道格拉斯·福克斯（Douglas Fox）

摄影／玛丽亚·斯滕泽尔（Maria Stenzel）

翻译／冉隆



精彩速览

南极洲边缘的大量冰架在破碎分离，从而使其支撑的巨大冰川滑入海洋，抬升海平面。

科学家需要更好地了解冰架崩解的原因和速度，从而更好地估测未来海平面的上升情况。

冰川的卫星数据不够详细，难以做出准确估计。科学家最近对南极洲进行了一些考察，在那里安装仪器，这将为他们提供所需的信息。

本文作者道格拉斯·福克斯陪同科学家们进行了8个星期的科考旅行，留下了许多趣事，记录了旅行经历。他还介绍了数据流和科学家对

地球前景的预测。



“纳撒尼尔·帕尔默号”破冰船带领科学家跨越南极大陆海岸附近的威德尔海。

道格拉斯·福克斯是美国旧金山的自由科学作家，为《大众机械师》、《时尚先生》等杂志撰稿。他在《环球科学》2011年第8期撰写的《人类智力已至极限》一文，入选《2012年最佳美国科学作品选集》。



1995年，10名阿根廷士兵目睹了一次他人不曾见过的灾变，从此改变了我们对气候变化的认识。

这些士兵驻扎在阿根廷马廷索中尉站（Matienzo），考察站由一些钢构小屋组成，建在楔形火山岩上，火山岩突出海面形成岛屿，离南极大陆50千米。岛的周围是大片来自冰川的冰，面积达1500平方千米。虽然冰架漂浮在海面上，但它厚达200米，坚如基岩。不过，海军上校胡安·佩德罗·布吕克纳（Juan Pedro Brückner）感觉有些不大对劲。冰面上到处都是冰雪融化形成的水坑。当融水渗入密布的下斜裂缝时，布吕克纳可以听到潺潺的响声。无论白天还是黑夜，士兵们都能听到剧烈的震动声，就像地铁列车从床下通过一样。隆隆的响声越来越强烈，越来越频繁。

一天，士兵们在一间屋子里吃午饭时，被巨大的轰隆声吓坏了。“声音很大，就像火山爆发那样。”布吕克纳回忆说，他们立即冲出屋子，与他们所在小岛相连的冰架正在分离出去。变化如此猛烈，士兵们担心冰架断裂会把小岛和基岩撕开，让小岛像一截木头那样滚入大海。士兵们把仪器放在脚边，如果地面开始倾斜，仪器就会向他们发出警告。熬过了几个紧张的日子后，士兵们全部搭乘直升机转移到北边200千米的另一个考察站。岛留下了，地图却永远地改变了。

布吕克纳及其同事亲眼目睹了拉森A冰架的崩解，这是一个标志性事件。总而言之，随着南美洲南部到南极半岛最北端逐渐进入温暖的夏天，南极半岛东部的4个冰架（包括拉森A冰架，由北向南，朝着南极大陆的方向）以一种惊人的方式依次崩解。

一旦冰架消失，海湾背后堆积的高耸冰川就很容易滑入大海，从而大大增加海洋容积。科学家仍然不知道是什么原因触发了冰架崩解，也不知道未来何时会再次发生冰架崩解。因此，他们竭力估计冰川向海洋倾泻冰的速度，以及由此引起的海平面上升幅度。

2007年，政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）发布了一份里程碑式的报告，虽然这份报告估计，到2100年，海平面的上升幅度仅为18~59厘米，但冰川学家担心，日益加速的气候变化可能会使冰川消融速度提高一个数量级，使海平面上升幅度比预期的要高得多。冰架崩解可能正好形成这样的反馈系统。

虽然南极半岛仅拥有南极大陆冰的一小部分，但美国科罗拉多州博尔德国家冰雪数据中心冰川学家西奥多·斯坎博斯（Theodore Scambos）说，南极半岛是“一个天然实验室，它只是拉开了电影序幕，未来50~100年南极洲其余地区将陆续上演同样的景象。”

理解这个大自然所做的实验已成当务之急。科学家需要了解冰架崩解的速度及其消亡的原因，从而更好地估计未来海平面的上升幅度。美国马萨诸塞大学阿默斯特分校冰盖建模者罗伯特·迪康托（Robert DeConto）说：“模型预测经常都很保守，低估了变化的幅度。我们只是守着现有模型，等待数据的出现。”最近，研究人员多次考察了冰封的南极，安装了仪器，这些仪器不断地为科学家提供着所需的信息，基于这些数据的最新预测令人忧心忡忡。

UK211冰山历险

南极冰架消失事件的首次记录大约是在25年前。在1986年拍摄的卫星照片上还有拉森湾冰架，它是拉森A冰架的一部分，位于拉森A冰架北部，面积为350平方千米。而在1988年拍摄的另一幅图像上，大部分拉森湾冰架都不见了踪影。没有人知道它是怎样消失的。

1995年，南半球的夏季让人们开了一些眼界。如今，拉森A冰架的

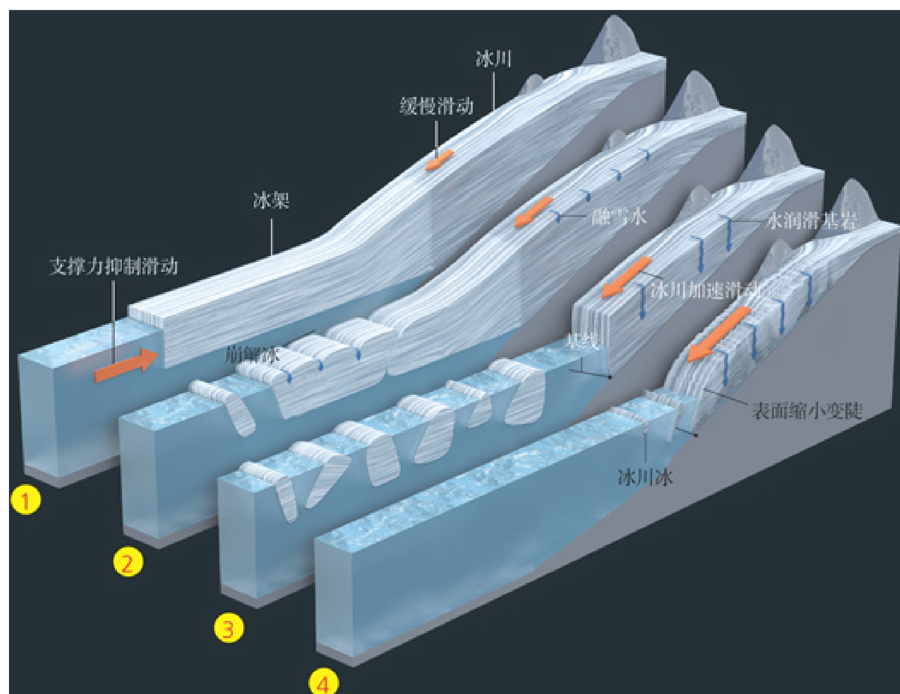
崩解已经众所周知，北面60千米处的古斯塔夫王子冰架也消失了。斯坎博斯说："古斯塔夫王子冰架的崩解完全在意料之外。"多年来，他与英国南极调查局（British Antarctic Survey, BAS）的科学家一道，利用卫星连续监测南极大陆冰架。冰架崩解的影响已经波及整个区域。

在古斯塔夫王子冰架消失前的航拍照片中，隆起的索格仑冰川表面光滑，从大陆到海湾逐渐倾斜，缓慢移向冰架和海洋。但是，15年后，索格仑冰川景象凄凉，裂隙密布，中间下陷。古斯塔夫王子冰架消失后，索格仑冰川滑向海洋的速度比以前快了好几倍。20米宽的裂隙贯穿表面，下面600米厚的冰层变形，向海下延伸。巨大的冰山从索格仑冰川前沿分裂出去并漂走；现在索格仑冰川前沿与峡湾的距离比以前增大了15千米。

寻找真相

冰川滑入海洋

随着拉森B等冰架分离，它们支撑的冰川加速进入海洋，使海平面升高。



支撑体消失

冰川受重力作用自然滑向海洋。但是冰川的冰架浮在海面抑制滑动，大大减缓了滑动速度①。然而，随着气温升高，表面融冰使冰架裂隙增大，直到分离或崩解②。融水也渗入冰川，润滑基岩。一旦冰架崩解到“基线”，就没有任何物质留下来支撑冰川，冰川会加速滑向海洋③。冰融化速度加快，冰川下部缩小，斜面变陡，大块冰从前沿崩解④。

斯坎博斯说：“如果前方的冰架消失，单个冰川会突然加速流动，流向此前冰架所在的位置。不只是加速一点点，而是加速到2倍、3倍、5倍，甚至8倍。”

过了七个夏季，在2002年，拉森B冰架崩解成数百块摩天大楼大小的碎片。拉森B冰架在拉森A冰架正南边，面积约3360平方千米。不久后，阿根廷南极研究所的冰川学家佩德罗·史克瓦卡（Pedro Skvarca）飞越此地，他说：“几天前，我们在曾经覆盖有300米厚冰层的地方看到了鲸。我们非常惊讶。”

漂浮的冰架消失后，后方的冰川也就失去了能够稳定它们的支撑体。崩解的结果是，超过150立方千米的冰川冰脱离陆地，进入海洋。如此巨大的重量消失后，连地壳也抬升了。拉森B冰架崩解之后，研究人员在冰架西边150千米处的安特卫普岛基岩上安装了灵敏的全球卫星定位系统（GPS）测量仪器，观测结果表明，地质构造的抬升速度增加了近2倍，从每年0.3厘米增加到每年0.8厘米。

正常冰架往往脱落或“崩解”出片状的大冰山，有时面积会大于4000平方千米。但是，拉森B冰架的崩解方式大不相同。卫星仪器中分辨率成像光谱仪耗时35天以上，拍摄了7张清晰的图像，这些图像显示，拉森B冰架分裂成了数百个冰山，这些冰山大约宽130米，厚160米，长1000米。冰山形状就像俄罗斯方块游戏中纷纷落下的窄而长的几何模块，它们脱离冰架边缘，进入海洋，截面呈现冰川的蓝色。研究人员以前从来没有见过这种崩解方式。冰架崩解的机制迄今尚未确认。

2006年3月，斯坎博斯和史克瓦卡首次尝试了解冰架崩解的机制。在昏暗寒冷的一天，一架阿根廷海军直升机降落到一块宽阔的冰山上时，发生了可怕的侧向反弹：冰山均匀的乳白色让飞行员产生了错觉，并没有意识到旋翼已经降到了危险的高度。斯坎博斯、史克瓦卡和另外4位科学家后来爬出了直升机。这座被称为UK211的冰山，3年前从距其南面385千米的拉森C冰架崩解出来，现在正漂向南极半岛北部的温暖地

区。斯坎博斯等人希望把它作为冰架崩解的实验模拟物。

接着，他们在UK211冰山上建立了名为自动触冰地球物理学观测系统（Automated Met-Ice Geophysics Observation Systems, AMIGOS）的仪器站，该系统将监测冰山的“健康”恶化状况。GPS装置追踪冰山的位置，气象站监测风和温度，摄像机记录表面积雪融化情况。摄像机能够跟踪钻入冰山的标杆，从而显示雪融化导致的雪量减少的速度。摄像机还能够跟踪研究小组安装在冰山边缘之外2.2千米的标杆线。如果标杆线开始弯曲，就表明冰山在变软、弯曲。

斯坎博斯和史克瓦卡对UK211冰山进行了8个月的追踪，利用卫星电话与AMIGOS进行交流。UK211冰山初始面积为12千米×10千米，慢慢地它缩小了一半。2006年11月23日，AMIGOS最后一次发回信号。几天后，UK211冰山消失了，把AMIGOS送进了海底。

UK211冰山发生过许多变化，但是在该冰山消失前的变化是积雪融化，积雪融化把冰山表面变成了水洼。斯坎博斯说，融水可能已经渗透到冰山内部，使冰山变得不稳定。但在这次观测实验中，他并没有看到冰山崩解的时刻—只是知道，哪些因素会导致冰山崩解。而且，由于UK211冰山是自由漂浮的冰山，不是冰架，斯坎博斯无法量化其崩解对冰川流动速度的影响。

解决方案

上述问题促使斯坎博斯于2010年加入了艰难而又关键的斯卡湾冰架考察活动，这个冰架是拉森B冰架崩裂后剩下的部分。冰云和地面高度卫星（ICESat）搭载的激光测高仪记录了冰川向拉森B冰架和斯卡湾输入冰而变薄的情况（用冰面降低表示）—可惜测高仪已于2010年年初报废。根据其他卫星的干涉合成孔径雷达所观测到的数据，我们可以获知，在一个较长时间范围内，冰架后方的冰川冰流入海洋的速度的平均值。但是，该技术不能记录冰川漂移等突发事件。自2003年以来，重力恢复和气候实验卫星（GRACE）通过地球引力变化来测定冰的减少量，但精确度不高，只能发现数百千米规模的冰川变化。

斯坎博斯预测，斯卡湾冰架将在几年之内崩解，他打算在那里安装地面传感器阵列，以记录灾变事件。2010年，我们坐在“纳撒尼尔·帕尔默（Nathaniel B. Palmer）号”破冰船里的时候，斯坎博斯说：“我们想

从一开始，就能以以往卫星做不到的详细程度监测灾变过程。我们希望最终能见证‘大片上演’。”“帕尔默号”破冰船重6000吨，为美国南极项目服务。

在2010年1月到2月的57天里，“帕尔默号”破冰船沿着南极半岛，破开厚达2米的季节性冰向斯卡湾冰架前进。斯坎博斯等20多位驻船科学家希望能向斯卡湾冰架靠得足够近，从而消除关键的认知盲点。

然而，考察才进行几天，他们就陷入了困境。由于洋流和海风，严重的海冰袭击南极半岛，阻止了“帕尔默号”破冰船的前进，与斯卡湾冰架的距离始终无法进入简易直升机的飞行半径之内。这样，1月26日，斯坎博斯和另外4位冰川学家—包括美国阿拉斯加大学费尔班克斯校区的马丁·特吕费（Martin Trufer）和埃琳·佩蒂特（Erin Pettit）—在一个英国研究站下了飞机。一架“双水獭”飞机从那里把他们送到第一现场。该小组花了三个星期时间，乘飞机在斯卡湾冰架和为之提供冰的冰川之间来回奔波。

在暴风雪平息的日子里，研究人员在斯卡湾冰架和弗莱斯克冰川下游安装了AMIGOS（他们计划2013年在莱帕德冰川下游安装另一个AMIGOS）。他们在弗莱斯克冰川和莱帕德冰川更高之处建立了更简单的气象站和GPS站，在可以俯瞰斯卡湾冰架的海岸悬崖峭壁上安装可操纵的摄像机。

在斯卡湾冰架上的工作过程中，斯坎博斯小组的成员经常遇到意外情况。当他们在营地周围挖掘的时候，铁锹常常陷入空洞—薄薄雪层掩盖了冰中的裂隙。有一天，连飞行员都陷进了一条齐腰深的隐藏裂隙。这些裂缝先前可能被埋在更厚的雪层下面，但是在炎热的夏季，雪层融化了，裂缝显露出来—这正是布吕克纳和他的阿根廷士兵们所看到的拉森A冰架崩解前几天的情形。

或许在不久后的一个夏天，斯卡湾冰架就要越过临界点。融化和再冻结的反复循环将使冰架表面硬化，直到它能支撑巨大的融水洼。这些水洼中的水将流入暴露的裂隙。随着水在裂隙中累积起来，重量会使裂隙越来越深—“像楔子一样。”斯坎博斯说—直到它们到达冰层底部，切割出细长的俄罗斯方块式的冰山。一个裂隙洞穿冰架就会产生冲击波，把更接近陆地边缘的裂隙震开。整个冰架可能在几天之内就崩解—也许只要几个小时。

斯坎博斯认为，斯卡湾冰架就将这样消失。他将用AMIGOS来检验

这个理论。摄像机将显示融雪水洼形成、裂隙显露以及水流入裂隙的情况。标杆线照片将显示冰架受压和变形的情况。脊顶摄像机将记录冰山崩解的方式。弗里斯克冰川和莱帕德冰川上的AMIGOS将显示，随着支撑冰架的崩解，冰川流动是如何加速的。利用每个冰川上下游的考察站，斯坎博斯将看到冰川反馈的动态变化—冰川底部在上层加速之前加速，从而导致冰川像索格仑冰川那样随着裂隙而拉伸、变薄，变得伤痕累累。斯坎博斯说，斯卡湾冰架“处于崩解的边缘”。

石头、资料、剪刀

在南极半岛上，已经失去冰架支撑的冰川确实在以每年5～10米的速度变薄。这些数据来自激光高度计，以前高度计由现已失效的ICESat卫星携带，最近由飞机携带。关键问题是，12,000年前，上一次冰河时代结束以来，冰川就在逐渐变薄，现在得把这种自然变薄的速度与前述冰川崩解的速度进行比较—特别是要确定，最近这样的冰架崩解是否确实是史无前例。“帕尔默号”破冰船上的随船地质学家、美国伯克利地质年代学中心的格雷格·巴尔科（Greg Balco）希望回答这个问题。

在一个阴冷的早晨，直升机把我和巴尔科从“帕尔默号”破冰船转送到西边30千米处的索格仑冰川。1995年，索格仑冰川的冰厚有600米，正好位于崩解的古斯塔夫王子冰架前面，而现在这里却只有海水了。

直升机把我们送到海湾旁边一个光秃秃的圆形山上。山顶灰白色的层叠基岩被磨成了光滑的曲线，布满打磨标志—这是在数千年前冰川流过基岩之后留下的痕迹，说明曾从这里经过的“年轻时”的索格仑冰川更厚实。巴尔科说，这些基岩被“打磨得很漂亮，看起来冰川就像上周才消失”。四周散落的棕色火山巨石和花岗岩明显与基岩不匹配。索格仑冰川把它们从遥远的地方带到这里，随着冰融化，就把它们丢在现在的地方。

巴尔科利用这些奇怪的岩石，推算数千年来索格仑冰川变薄的速度。他在山上择路而行，在各个高度采集岩石。回去之后，他分析岩石，测量稀有同位素铍10的含量，从而确定岩石暴露于阳光下的时间—宇宙射线照射岩石，会形成铍10。通过测量山上不同高度的岩石接受阳光照射的时间，巴尔科能够计算出冰川变薄的速度，以及山坡再次见到阳光的时间。

考察一年后，巴尔科分析了从索格仑冰川和德里加尔斯基冰川收集的岩石。结果表明，这两个冰川在过去4000年里至少发生过一次大消退，古斯塔夫王子冰架和拉森A冰架这期间至少崩解过一次。

因为船舶遭遇到海冰的问题，巴尔科从来没有到达过拉森B冰架。不过，海洋地质学家尤金·多马克（Eugene Domack）估计了拉森B冰架的年龄，他主持了前述的2010年考察工作。多马克是美国哈密尔顿学院的环境学教授，在先前的几次考察活动中，他设法到达了拉森B冰架曾经所在之处。多马克小组在拉森B冰架崩解前的位置，从这里的海底挖掘出了数段3米长的沉积物柱。从开阔海洋下面采集的岩芯常常因硅藻这种微小的植物而呈绿色，这是因为硅藻死亡后会沉在海底。但是，他们钻取的岩芯不含任何海藻。冰川磨蚀产生了一层又一层奶油般的细淤泥，这表明拉森B冰架至少遮挡了这个区域11,000年。分析有孔虫（foraminafera，一类古老的原生动物，5亿多年前就出现在海洋中，能分泌钙质或硅质）外壳中的碳14含量，能确定岩芯各层的“年龄”。

多马克采集的岩芯中，最古老部分年龄有11,000年的历史。但他说，拉森B冰架可能存续了10万年，也就是最后一个冰河时代开始的时间。

巴尔科和多马克的成果可以表明，最近几千年来，南极半岛最北端的冰架已经形成、消失过了。但当冰山崩解链从南极半岛顶端朝南部大陆移动，来到拉森B冰架和斯卡湾冰架时，南极正在进入前景不妙的历史性异常阶段。

内爆，然后加速

“帕尔默号”破冰船返回智利蓬塔阿雷纳斯港口18个月之后，斯坎博斯通过卫星，在美国博尔德的办公室里审查数据流。斯卡湾冰架仍然没有崩解，但根据地面仪器得到的数据，科学家已经得出了一些完全出人意料的结论。例如，研究者曾认为，即使半岛冰架经历了酷热的夏季，冬季仍然会为它们增添新雪。但是，当斯坎博斯小组在2010年11月返回考察站进行维修时，他们发现斯卡湾冰架暴露出的裂隙过于密集交错，飞机无法着陆。当“双水獭”飞机掠过斯卡湾冰架的上空时，他们在9个月前留下的引导和起落标志依然清晰可见：一个冬天过去了，应该有新雪留下，加固了斯卡湾冰架，但事实是冰架反而离崩解更近了一步。





数据挖掘：直升机把仪器运送到正在滑向大海的冰川（见上图）。从巴里拉里湾海底采集了长长的冰芯，可以确定过去几个世纪海水被冰架覆盖的时间。

同年7月14~15日，在极地冬季的深夜，发生了另一个意外。斯卡湾冰架的AMIGOS记录到了一次热浪。这里的温度突然飙升43℃，达到了暖烘烘的10℃—在美国就是穿衬衣的天气了。热浪由西向焚风

（foehn）引起，当空气由半岛群山向下运动，受到压缩和加热就形成了焚风。与此同时，在AMIGOS安装点冰下数米埋置的热敏电阻记录到了一股暖脉冲，这表明融化的雪水在向下渗透。

没有人知道焚风的发生频率，但斯坎博斯说：“我们可能错过了一些重要事实。”过去30年，南极洲海岸线的平均风速提高了10%～15%。现在，风每年能从南极洲表面吹走500亿～1500亿吨雪，把雪吹向海洋，它们在海洋里融化。随着风的强度增大，吹走的雪量也可能增加，可能以任何人都不能预期的方式让冰架前景恶化。

此外，多马克在拉森B冰架和斯卡湾冰架周围的露头基岩上安装了三个高精度GPS，这些GPS显示，该区域目前每年抬升1.8厘米。多马克说，大量冰川消失使地壳回弹得“非常快”，远远高于150千米外一个GPS站所估测的0.8厘米。当斯卡湾冰架内爆，后方的冰川涌入海洋时，地壳抬升速度将再次增大。多马克说，测量抬升情况，就可以估算释放冰量。测量斯卡湾冰架，就可以更好地预测在更南边其他冰架消失的时候，会有多少冰消失。

更多冰架将会崩解是必然结果。0℃的夏季平均温度，似乎代表冰架可以存在的最高温度。夏季平均气温0℃等温线正沿着南极半岛顶端向更南的大陆慢慢收缩，这表明年均温度正逐渐升高。仅仅10年间，这条看不见的线所经之处的冰架已经崩解了。紧接着，拉森C冰架就要消失，它位于拉森B冰架和斯卡湾冰架以南，面积49,000平方千米。流入拉森C冰架的冰川多于其他所有崩解冰架的总和，而在拉森B冰架北端，已经有了夏季融雪水洼。更令人担忧的是，与大陆相连的冰架—它们支撑着更大的冰川，如派恩岛冰川、思韦茨冰川和图特恩冰川。由于洋流越来越暖和，这些冰架正从底部开始融化，而不是像拉森冰架那样，从上往下融化。结果是相同的：自1994年以来，派恩岛冰川只变薄了15%，然而它后方的巨大冰川的变薄速度却加快了70%。

冰架崩解对冰川消亡的全面影响短期内还不能弄清。2011年，斯坎博斯、特吕费和佩蒂特发布了一项研究，他们发现一个冰川甚至在冰架消失15年后仍会继续加速流动：洛斯冰川（过去流入古斯塔夫王子冰架）的流动速度现已达到以前的9倍。

这种冰川流动加速可以解释美国航空航天局喷气推进实验室埃里克·雷格洛特（Eric Rignot）和伊莎贝拉·维利科格纳（Isabella Velicogna）的最新观测结果。他们发现，南极洲的冰损失量实际上每年大约增加25

立方千米。

IPCC在2007年估计，到2100年，海平面将上升18～59厘米，这个估计没有考虑任何冰架的影响。雷格洛特说，IPCC的那次估计“其实散布了错误的信息，可能与海平面的实际上升程度相差2～3倍。”他说，到2100年，“海平面很容易上升1米。”芬兰赫尔辛基大学马丁·弗米尔（Martin Vermeer）在2009年发布的分析报告中预计，到2100年海平面会上升75～190厘米。

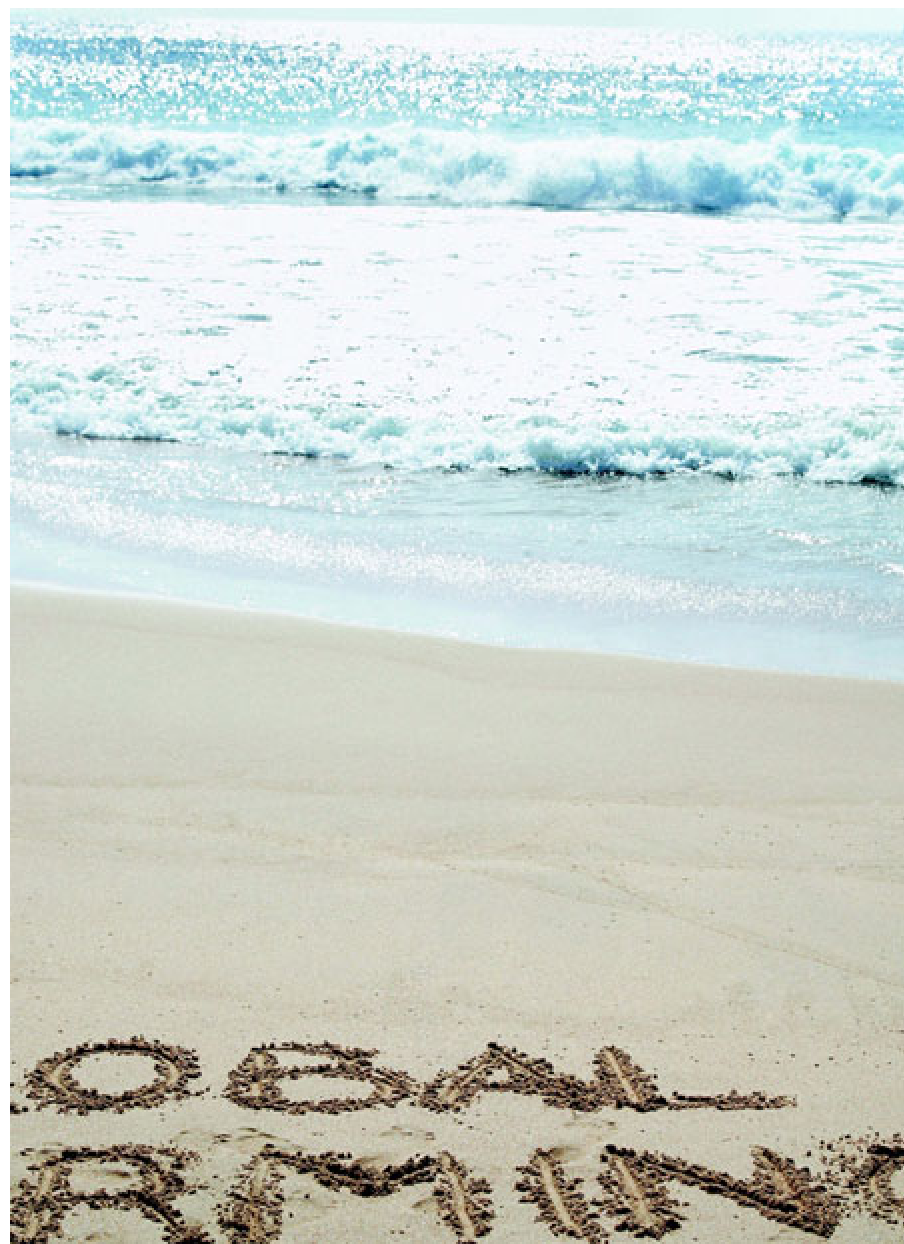
这些迹象暗示，需要进一步监测拉森地区，但该区域一直在为难那些试图打探它秘密的人。在2010年帕尔默破冰船考察之前，多马克曾5次搭乘科研船到过该区域，其中3次因为严重的海冰问题而没有到达目的地。他承认：“这着实令人沮丧。”但问题的重要性迫使他和斯坎博斯重返征途。

扩展阅读

Glacier Surge after Ice Shelf Collapse. Hernán De Angelis and Pedro Skvarcain Science, Vol. 299, pages 1560–1562; March 7, 2003.

Stability of the Larsen B Ice Shelf on the Antarctic Peninsula during the Holocene Epoch. Eugene Domack et al. in Nature, Vol. 436, pages 681 –685; August 4, 2005.

Calving and Ice-Shelf Break-up Processes Investigated by Proxy: Antarctic Tabular Iceberg Evolution during Northward Drift. T. Scambos et al. in Journal of Glaciology, Vol. 54, No. 187, pages 579–591; December 2008.



全球变暖最终结局

我们对地球的影响有多深远？

撰文 / 肯·卡尔代拉（Ken Caldeira）

翻译 / 阮南捷



精彩速览

今天排放到大气中的二氧化碳在随后数十万年中都会影响地球，气候科学家通过构建数学模型，可以预测地球未来的样子。

不久的将来，工业文明继续排放越来越多的温室气体，这会导致到21世纪末气温越来越高，海洋酸化，天气越来越怪异。

遥远的未来，如果燃烧化石燃料产生的温室气体排放量不减少，海平面可能上升120米，两极地区将越来越温暖。所有现存人类文明必须

做好准备适应这些变化。



不久的将来：工业文明继续排放越来越多的温室气体，这会导致到21世纪末气温越来越高，海洋酸化，天气越来越怪异。

肯·卡尔代拉是美国斯坦福大学卡内基科学研究所全球生态学系的气候学家。他研究与气候、碳和能源系统有关的问题。卡尔代拉的主要研究工

具是气候和碳循环模型，他还从事与海洋酸化有关的实地研究。



企业、政府或者技术层面的预测，通常只能展望5～10年后的事情，最长50年。而一些气候科学家则会谈论21世纪末的事情。实际上，今天排放到大气中的二氧化碳在随后数十万年中都会影响地球。这些温室气体怎样改变遥远的未来呢？没有人能够肯定地球究竟将如何反应，但是，基于我们对过往气候系统以及影响气候的各种复杂过程的认识，再加上物理、化学规律，气候科学家可以构建数学模型，预测地球未来的样子。

我们已经见识了许多成熟模型所展示的未来情景。预测显示，陆地变暖会比海洋厉害；两极变暖会比赤道附近厉害；冬季变暖会比夏季厉害；夜间变暖会比白天厉害。极端的倾盆大雨会越来越普遍。在北极，冰雪覆盖区域会越来越少，富含甲烷的永久冻土开始融化。天气将变得越来越怪异，多余热量还会引发风暴。

人类引发的气候变化最终会发展到什么程度？历史上最好的例子就是长达1亿年的白垩纪气候。当时，具有坚韧皮肤的恐龙在湿热空气的笼罩下生活，这种鳄鱼模样的动物在北极游荡，大量植物在富含二氧化碳的空气中繁荣兴盛。现在，温室效应的影响将持续数十万年以上。不过，首先它将深刻影响地球上的许多生命，特别是我们人类。

意大利惊现沙漠

气候预测最大的不确定因素之一就是最终排放到大气里的二氧化碳量。本文中，作者假定工业文明继续保持过去200年的状况—也就是说，化石燃料消耗速度加快，直至我们再也不能承受化石燃料开采的后果。

我们能够向大气排放多少二氧化碳？总体而言，大约1000万亿吨有机碳以各种形式固定于地球沉积物壳中。到目前为止，我们仅仅燃烧了上述有机碳的0.05%，大约相当于0.5万亿吨二氧化碳。

有这么多固定在地壳中的碳，我们不可能把化石燃料都用完。现在，我们从油砂中开采石油，利用水力压裂法开采页岩中的天然气—人们曾经认为，开采这两种资源在技术和经济上都是不可行的。无人能预测智慧能让我们走多远。然而，最终的开采成本和加工成本将变得非常高，使得化石燃料比替代资源更加昂贵。本文设想的方案中，今后几个世纪，我们最终大概能消费可用有机碳的1%。从技术可行性上看，在可以预见的未来，这样的开采量是很可能达到的。我们进一步假定，未来人类将学会开采非常规化石燃料，但消费速度却会降低。

如果我们的习惯不发生任何改变，到2100年，地球大约会变暖5℃；当然，实际变暖可能只有它的一半，也可能是它的两倍，这主要取决于云的反馈情况。这一改变也与波士顿、马萨诸塞、亨茨维尔、阿拉斯加等地的日常气候差异相关。

在北半球北纬30度～60度的中纬度带包括美国、欧洲、中国、加拿大大部和俄罗斯大部，纬度每增加1度，年平均气温降低约0.66℃。一个世纪里气候变暖5℃，意味着在这个时期，温度带平均会向极地方向移动800千米以上，即平均每天移动20米以上。松鼠可能跟得上这个速度，而橡树和蚯蚓却难以跟上这个速度。

随后将出现大降雨。地球是行星尺度的热力机。火热的阳光加热赤道空气，热空气随后上升变冷。空气中的水蒸气冷却凝结，以雨水的形式降回地球，地球赤道附近随之形成暴雨带。

水蒸气凝结还会放热，加热周围的空气，使其上升更加迅速。这种干热空气上升到喷气式飞机的飞行高度时，就会向两极横向运动。在高空，热空气向空间散发热量，从而变冷，降回地球表面。阳光穿过这些干燥无云的空气层，加热干旱的地球表面。今天，类似上述情况的干燥

空气沉降大约发生在北纬30度～南纬30度，从而形成了环绕地球的巨大沙漠带。

由于温室效应造成的变暖，上升中的空气越来越热。因而，这样的空气需要更多的时间才能变冷并降回地球表面。结果，沙漠带向两极扩展。

撒哈拉大沙漠气候带可能北移。虽然全球降雨总体增加，但是南欧已经遭受了比以往更严重的旱灾，这里的地中海气候可能变得面目全非—要知道，地中海气候一直被认为是世界上最舒适的气候。而到了我们的后代所生存的年代，斯堪的纳维亚气候可能才是最舒适的。

在北半球中纬度地区，生长季节越来越长。春天比过去来得更早—植物开花更早，湖冰融化更早，候鸟回归更早。

这并不是加拿大和西伯利亚农田能得到的唯一好处。植物利用阳光中的能量来使二氧化碳和水发生反应，从而生产食物。在绝大多数情况下，植物通过叶子上的小孔，也就是气孔吸收二氧化碳。当气孔大大敞开的时候，植物能够吸收大量二氧化碳，但大量水分也会通过这些气孔蒸发。大气二氧化碳浓度越高，意味着植物稍微打开气孔，或者形成较少气孔就可以获得它所需的二氧化碳。在二氧化碳含量高的世界里，使用等量的水，植物可以生长更多（植物蒸发减少也导致降雨量进一步下降，由于蒸发吸热，蒸发量减少会导致进一步变暖）。

并不是所有地方都能得到这样的好处。在热带地区，高温已经危害着许多作物，随着全球变暖，这种热危害可能更加严重。未来全球作物总产量可能会增加，北部产量的增加量会超过赤道附近产量的减少量。全球变暖可能不会减少粮食总产量，但是，富庶地区可能产量越来越高，而贫穷地区产量越来越低。

变化的海洋

浩瀚的海洋可以抑制气候变化，但改变还是会发生。据科学家预测，除了大规模灭绝事件以外，海洋未来几十年在化学层面上的变化会是前所未有的。二氧化碳进入海洋，会与海水反应，生成碳酸。在碳酸浓度足够高的时候，其会溶解许多海洋生物的外壳和骨架，特别是那些可溶性碳酸钙，即霰石构成的外壳和骨架。

科学家估计，1/4以上的海洋生物都会在珊瑚礁中度过生命的一段

时间。珊瑚骨架由霰石组成。即使化学条件没有恶化到使外壳溶解的地步，在酸化反应的影响下，海洋生物想要构建骨架也会变得更加困难。只要短短几十年时间，海洋中就可能没有任何地方能保留过去那种支持珊瑚礁生长的化学条件。不知道有多少依赖珊瑚的物种将会随着珊瑚礁的消失而消失。

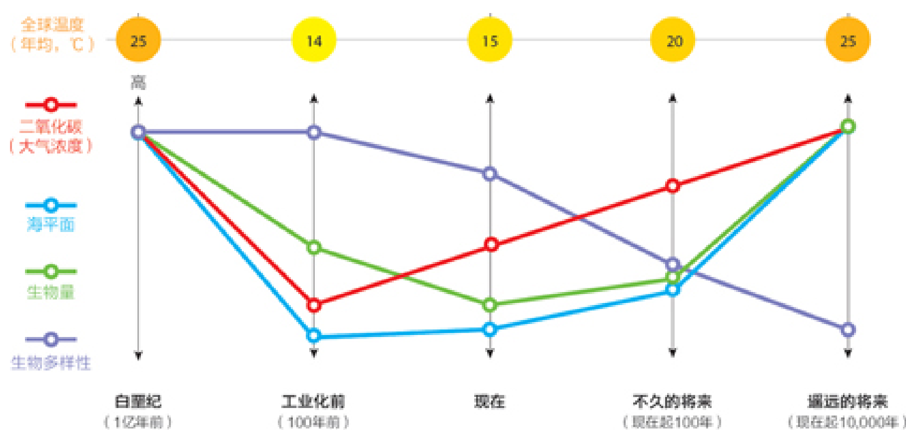
这种化学变化将以最直接的方式影响珊瑚礁的生存，但我们还应该看到正在发生的物理变化，这才是比较明智的。在最基本的层面上，水就像温度计中的水银：受热，然后你就可以看到它上升。气温升高后，现在固定在冰帽中的水将注入海洋。

在遥远的过去，二氧化碳含量很高时，地球足够温暖，鳄鱼模样的动物生活在北极圈北部。大约1亿年前，极地年平均气温曾达到14℃，夏季平均气温超过25℃。而再过几千年，这样的温度足以融化格陵兰岛和南极洲的巨大冰盖。随着冰盖完全融化，海平面可能上升120米，淹没广阔的地区。水的重量将使大陆低地进一步沉入地幔，导致水面越来越高。

快速变化

气候：从过去看未来

如果我们继续随意燃烧化石燃料，不减少二氧化碳等温室气体的排放，地球将发生改变。全球气温已经上升了将近1℃，而北极地区升温是这个数量的两倍以上。两极平均气温最终可能上升10℃，这足以释放以冰的形式存储在格陵兰岛和南极洲冰川中的大量水源。这些水进入海洋，会使海平面升高120米。大气二氧化碳浓度将达到白垩纪时期的水平—当时，恐龙在地球上漫游，一个巨大的内陆海把北美一分为二，鳄鱼模样的动物栖息在两极。





遥远的未来：如果燃烧化石燃料产生的温室气体排放量不减少，海平面可能上升120米，两极地区将越来越温暖。所有现存人类文明必须做好准备适应这些变化。

科学家预计，两极变暖速度大约是全球整体的2.5倍。北极变暖的速度已经比其他任何地区都快，全球变暖0.8℃，北极大约变暖2℃。在上一次冰河时代的末期，当气候在数千年里大约变暖5℃的时候，冰盖融化使海平面每100年大约上升1米。我们希望，也预计这次冰盖融化的速度不会更快，但还不能肯定。

又一颗金星？

过去数百万年间，地球气候波动造成巨大冰盖不断消失，又不断出现。温室气体的排放严重破坏了这一复杂的系统。我曾提出过一种设想，在这种设想中，气候演变是很缓和的，但还是可能存在剧烈的气候波动，超过生物、社会和政治系统的应付能力。

想想吧，北极变暖可能导致北极海床和土壤中数千亿吨甲烷迅速进入大气。在大气中，一个甲烷分子的吸热能力比一个二氧化碳分子大约强37倍。如果这些甲烷突然释放出来—就像5500万年前发生的古新世-始新世极热（Paleocene-Eocene Thermal Maximum，PETM）事件那样，我们可能会遭遇真正的灾难性气候变暖。然而，大多数科学家认为这种危险还是非常遥远的事情。

一些科学家还认为，永久冻土融化等反馈效应可能导致失控的温室效应，使海洋变得非常热，以致发生蒸发。水蒸气本身也是一种温室气体，这种更强大的水循环可能导致地球非常炎热，使得大气水蒸气持续存在，永不下雨。如果这样，来自火山和其他来源的大气二氧化碳会持续累积。宇宙射线会在高空分离水蒸气，由此形成的氢气最终会逃到太空。随后，地球气候将进入的那种状态会让我们想起行星邻居金星。

幸运的是，即使在非常遥远的未来，海洋蒸发都不会成为温室气体排放的一种未来风险。简单地说，二氧化碳所产生的温室效应，只能把地球加热到一定程度。一旦二氧化碳和水蒸气浓度上升到一定程度，二氧化碳分子和水蒸气分子就会散射更多的入射阳光，阻止地球变得更热。

然而，如果我们继续燃烧化石燃料，大气温室气体的浓度将与白垩纪末期相当。那时的湿热地球上，现在的许多陆地是广阔的内海。巨型爬行动物在海洋中游泳。陆地上，恐龙采食茂盛的植物。今后几个世纪，如果我们只燃烧地壳中1%的有机碳，那么在人类将会呼吸的空气中，二氧化碳浓度可能与恐龙吸入的空气相当，两个时期的温度也会差不多。

与过去温室效应造成的气候逐渐变暖相比，工业革命后的气候变化可以说是在“快进”。在地质历史中，低二氧化碳浓度大气向高二氧化碳浓度大气的转变，通常是以每年小于0.00001℃的速度发生的。而现在，我们正在以5000倍于上述数字的速率重建着“恐龙世界”。

哪些东西将在这样的温室中茁壮成长？老鼠、蟑螂等生物是入侵高手，能够适应纷乱的环境。但其他生物，如珊瑚和许多热带森林物种，经过长时间进化，它们现在只能在特定的环境下生长。因为全球变暖，入侵物种可能改变原有的生态系统。气候变化可能会使世界的物种混乱。

人类文明也处于危险之中。想想玛雅人吧，甚至在欧洲人到达之前，玛雅文明就已经因为相对微小的气候变化而开始崩溃。玛雅人没有进化出足够的适应能力，以抵御雨量轻微减少。玛雅人并非是不适应气候变化的文明的唯一例子。

气候变化引发的危机可能是区域性的。如果富庶的地区越来越富，贫瘠的地区越来越穷，这会导致大规模移民，从而挑战政治经济的稳定性吗？气候变化会加剧现有的紧张局势，从而引发核冲突或其他严重冲突吗？社会会对气候变化做出反应，而这种反应对人类的影响会比气候变化本身更大。

可能的结局

在白垩纪繁盛的木本植物死亡后，其中一部分经过漫长的岁月变成了煤炭。海洋浮游生物死亡后，葬身于沉积物之中，其中一些变成了石油和天然气。随着海洋生物把二氧化碳固定在外壳和骨架之中，气候也变冷了。

千年的时间里，海洋将吸收我们产生的大部分二氧化碳。由此产生的酸化作用将溶解碳酸盐矿物质，溶解的化学作用会让海洋吸收更多的二氧化碳。然而，数万年后，大气二氧化碳浓度仍将远高于工业化前的水平—280ppm①。这样的结果就是，因为地球运行轨道的微妙变化而产生的冰河时代将不会再像以前那样反复出现、结束，人类排放的温室气体将把地球锁定在温室状态。

随着时间的推移，温度升高和降水增加将加快基岩和土壤的溶解速率。溪流和江河将把这些含有钙、镁等元素的溶解岩石和矿物带到海洋。也许经过数十万年，一些海洋生物将吸收钙和二氧化碳，从而形成碳酸盐外壳。这些贝壳和数以百万计的其他生物最终可能变成石灰岩。就像白垩纪大气的残余物英格兰多佛尔怀特克利夫斯一样，我们今天燃烧的化石燃料中的绝大多数碳，将成为岩层中的一层—一个写在石头中

的、关于一个物种改变世界的记录。

扩展阅读

Oceanography: Anthropogenic Carbon and Ocean pH. Ken Caldeira and Michael E. Wickett in Nature, Vol. 425, page 365; September 25, 2003.

Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2007.

The Long Thaw. David Archer. Princeton University Press, 2010.

注释

① ppm是表示气体体积浓度的单位，非国际标准计量单位，1ppm＝0.001‰。

2036，气候或将灾变

尽管全球气温上升的速度可能达到了一个较平稳的水平，但气候危机仍然可能在不久的将来出现。

撰文 / 迈克尔·曼（Michael E. Mann）

翻译 / 邹立维

审校 / 周天军



精彩速览

地球温度上升的速度在过去10年略微减缓了，但温度仍然在上升，将减缓称之为“停滞”是错误的。

作者通过新的计算显示，如果人类仍以当前的速率使用化石燃料，全球温度的升高幅度将在2036年达到2℃—这将达到一个阈值，超过这个值，就会引发灾难，人类文明将被破坏。

为避免达到阈值，国际社会必须将二氧化碳的浓度控制在405ppm以下。

22年后的危险

科学家称，如果北半球地表温度较工业革命前（参考线）升高2℃，人类文明就有可能被破坏。如果人类按照当前速率继续燃烧化石燃料，那么会在何时达到2℃升温阈值？将平衡气候敏感度（equilibrium climate sensitivity，ECS，5条实线）的估值输入气候能量平衡模型，就能够得到答案。与历史记录（白线）吻合最好的、能够反映地球气候敏感度的曲线表明，地球将在2036年达到升温2℃的危险阈值，距离现在只有22年了（橙线）。如果能够证明，最近的这种升温速率减弱（有时被不恰当地称为“停滞”）的状态可以持续更久，利用图中的另一条曲线（金色曲线，与过去约15年记录相吻合），那么可以得出结论：地球将在2046年达到危险线。



如何避免灾难发生

科学家和政策制定者通常认为，要将大气中二氧化碳的浓度维持在450ppm以下，才能避免升温2℃这一灾难的发生（2013年，二氧化碳浓度曾短暂地达到400ppm）。然而，如果ECS值是3℃（橙色实线），那么我们只有按当前速率（橙色虚线）继续排放污染气溶胶（大气中能够部分阻挡太阳辐射的粒子），升温才能限制在2℃以内。因为如果减少煤炭的燃烧，不仅仅是减少了二氧化碳的排放，也会减少空气中气溶胶的数量，这也会使温度达到危险线（橙色点线）。即使敏感度是2.5℃（金线），这些结论依然是成立的。这些数据表明，为有效地阻止

2℃升温，二氧化碳应当在405ppm（蓝线）以下—比过去一年观测到的结果393ppm～400ppm的水平略高一点。

迈克尔·曼是宾夕法尼亚州立大学著名的气象学教授，曾为获得2007年诺贝尔和平奖的IPCC工作。其著作《曲棍球棒与气候战争：前线报道》（*The Hockey Stick and the Climate Wars: Dispatches from the Front Lines*）由著名科学家比尔·奈（Bill Nye）作序。



根据《华尔街日报》（*Wall Street Journal*）的报道，“温度进入平稳时期已有15年了—没人能够合理地解释这一现象。”《每日邮报》（*Daily Mail*）称，“全球变暖可能已经‘停滞’20多年了，北极海冰也已经开始恢复。”这些关于气候的坚定论断充斥在大众媒体中，但它们都在误导大众。全球变暖没有减弱，而且仍是一个急切的问题（参见《环球科学》2014年第3期《全球变暖停滞了吗》）。

产生这种误解的原因是，数据显示，地球平均表面温度的上升速度在过去10年放缓了。该现象通常被称为“停滞”，但这一描述有些用词不当：温度仍然在上升，只不过没有以前那么快了。在这种情况下，有一个问题变得非常重要：这种短暂的减速，意味着地球在未来会以怎样的方式变暖？

IPCC负责回答这类疑问。根据现有数据，IPCC在2013年9月发布的报告中，调低了对未来变暖的预期。报告每5～7年发布一次，预测全球

变暖趋势，对全球气候政策的制定有重要推动作用。因此，即使很小的变化都将引发很多争论，比如地球变暖的速度有多快、我们还有多少时间阻止变暖等。这份报告中，IPCC未对变暖的影响以及如何缓解变暖做出评价，这些会在稍后发布的报告中完成。我已经完成了一些计算，并认为计算结果可以回答这些问题：如果人类继续以当前的速度燃烧化石燃料，全球温度将在2036年上升至会造成环境破坏的阈值。目前的这种“假停滞”现象，为人类多争取了几年时间，让我们可以努力减少温室气体排放，避免全球升温幅度达到阈值。但是，争取的时间也仅仅是几年而已。

“假停滞”之争

2001年，全球变暖引起了全世界的关注。IPCC在这一年发表了一张我与合作者共同设计的简图表，即后来被大家熟知的“曲棍球杆图”。在这幅图上，球杆大致呈水平状态，且自左向右轻微向下倾斜，表明北半球温度在过去近1000年（我们回溯的时间尺度）中只有很小的变化。而球杆的尾部则呈向上的状态，这说明自19世纪中期以来，温度突然且史无前例地出现了上升的情形。这张图引起了大众关于气候变化的激烈争论，我也无奈地成为了公众人物。在2013年9月的报告中，IPCC延长了“曲棍球杆”的时间尺度，并得出这样一个结论：最近的这种变暖情形，在过去的1400年中可能从来都没有出现过。

尽管在过去一个世纪中，地球已经经历了前所未有的变暖历程，但为了估计未来的气候还会如何变化，我们需要知道，大气温度会对日益增高的温室气体浓度（主要是二氧化碳）做何响应—科学家把温度的这种响应称为“平衡气候敏感度”（equilibrium climate sensitivity, ECS）。ECS是衡量温室气体加热效应的常用度量，代表当大气中二氧化碳浓度加倍，且气候达到稳定后，地球表面的升温幅度。

工业革命前，大气中二氧化碳浓度约为280ppm，加倍后的浓度约为560ppm。科学家认为，如果人类和现在一样燃烧化石燃料，21世纪后期二氧化碳浓度就将达到560ppm。更严重的是，随着二氧化碳的增加，ECS的值将变得更高，升温将更快。对于给定的化石燃料排放状况，利用ECS可以很快得到地球表面的升温量。

事实上，要得到ECS的确切值是非常困难的，因为变暖受到云、冰

和其他因素的反馈机制的影响。不同的模式对这些反馈机制的确切影响有着不同的结论。这其中，云的影响最为关键。云一方面能够阻止太阳辐射到达地面，因而具有冷却效应；另一方面它又会吸收地球发出的长波辐射，因而具有升温效应。至于哪种效应起主导作用，这依赖于云的类型、分布和高度—气候模式很难预测这些参数。其他的反馈因素包括：在更温暖的大气中的水蒸气量，以及海冰和陆地冰盖的融化速率。

由于这些反馈因素在本质上是不确定的，IPCC提供的ECS值是一个范围，而不是一个单一的数值。在2013年9月份的报告—IPCC第五次主要评估报告中，专家们确定的范围是1.5～4.5℃（约为3～8华氏度）。IPCC调低了该范围的下限—在2007年的第四次评估报告中，下限是2℃。下限值调低基于一个很片面的证据：过去10年，地球表面变暖速度有所放缓，即所谓的“假停滞”。

但包括我在内的很多气候科学家都认为，10年时间太短，不能准确度量全球变暖的趋势，并认为IPCC受到了该短期数值的过度影响。此外，对这个“升温放缓时期”的其他解释，与绝大多数表明温度将继续上升的证据并不矛盾。例如，在过去10年中，火山爆发（包括冰岛艾雅法拉火山）的累积效应使地球表面温度的降低程度，可能比大多气候模型的模拟结果还要强。另外，太阳辐射也有微弱但可测量到的减弱，IPCC的模拟计算亦未考虑。

海洋在吸收热量上的变化也可能影响全球变暖的速度。在这10年的后5年中，热带中东太平洋持续为拉尼娜状态，这会使得全球平均温度较常年偏低0.1℃。较之长期的全球变暖，这是一个小量；但对于10年而言，这就是一个很大的量了。最后，最近的研究表明，北极温度记录的不完整性会让科学家低估全球的实际变暖程度。

这些似乎还算可信的解释中，没有一个表明温室气体对气候的影响程度有所减弱。其他的测量结果同样不支持IPCC修改的1.5℃的下限。结合各类证据，ECS最可能的值接近3℃。事实证明，在IPCC第五次评估报告中所使用的气候模型，暗示了一个更高的ECS值：3.2℃。换句话说，IPCC设定的ECS下限对未来地球气候和当前的“假停滞”可能没有多大意义。

然而，为了进行论证，我们暂将这种“停滞”作为真实情况。如果真实的ECS值比先前认为的低0.5℃，这将意味着什么？它是否会改变我们对化石燃料燃烧所带来的风险的评估？地球将会在多长时间之后达到临

界值？

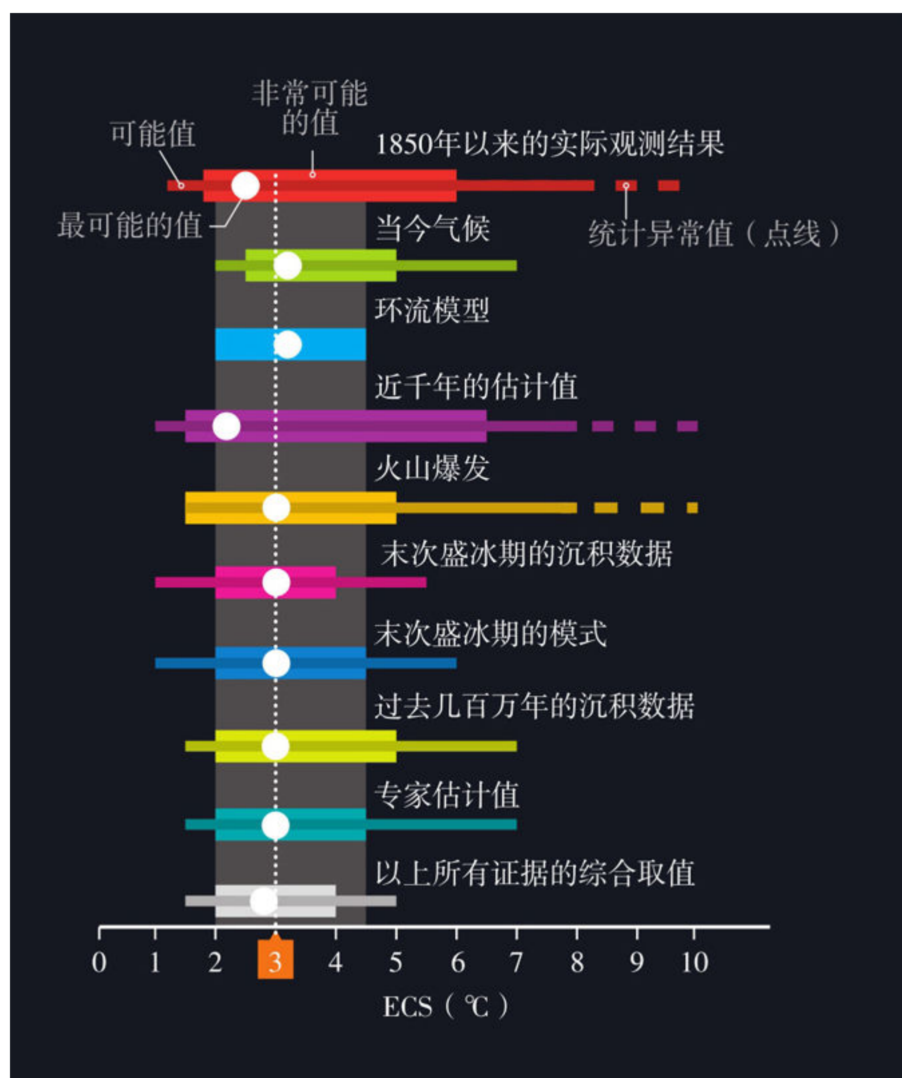
2036，灾难来临？

多数科学家同意，较之工业革命前，升温2℃将威胁整个人类文明，粮食、水、健康、土地、国家安全、能源和经济都会遭到破坏。如果我们以当前速度排放二氧化碳，“升温2℃”将在何时发生？利用ECS值可以对此给出一个估计。

预测未来

ECS值的判断依据

地球大气达到2℃升温危险阈值的具体时间，取决于二氧化碳浓度上升时大气温度的变化程度。ECS（水平轴）最可能的取值为略低于3℃。为什么取这一值？利用过去很长时间的温度数据，许多独立计算的结果，以及许多气候模型的估计值，都非常接近这个值（各颜色的条状图）。下图中灰色条纹列出了所有证据得出的结果。



我最近进行的一项计算是，利用能量平衡模型，通过设定不同的ECS值计算未来可能的温度。科学家多用这种模型研究可能的气候变化。利用计算机模型能够得到不断变化的自然因素（火山和太阳等）、人为因素（温室气体、气溶胶污染物等）会使地表平均温度发生怎样的变化（虽然受到过各种批评，但气候模型是我们基于物理学、化学和生物学，来描述气候系统运行机制的最佳方式。而且气候模型也得到过实战验证：数十年前的一些模型就准确预测了近些年的气候变化）。

我利用能量平衡模型，在假定温室气体“照常”排放的前提下，预估了未来的气候变化。通过设定不同的ECS值（从IPCC的下限1.5℃到其上限4.5℃），我利用该模型得出多个结果。将ECS设定为2.5℃和3℃得到

的温度变化曲线与历史观测结果最为接近。输入太小（1.5℃）或太高（4.5℃）的ECS值，最终得到的曲线与仪器记录到的数据差别很大，这更加证实了这些值是不现实的。

让我感到惊讶的是，我发现当ECS所取的值为3℃时，地球温度的升高幅度将在2036年达到2℃这一危险阈值—距离现在只有20年了。如果考虑更低的ECS值，例如2.5℃，地球温度将在2046年达到阈值，但也只是延后10年而已。

因此，即使我们接受一个更低的ECS值，结果也不是全球变暖将停止或者“停滞”。它只是给了我们稍多的时间—可能是非常宝贵的时间—来阻止地球升温达到2℃。

回到20世纪中叶？

这些发现表明，我们必须要采取一些实际行动，以防止灾难发生。3℃的ECS值意味着如果要让地球的升温幅度不超过2℃，需要将大气中的二氧化碳浓度保持在远低于工业革命以前浓度两倍的水平，大概为450ppm。但具有讽刺意味的是，如果人类显著减少煤炭使用量，在减少二氧化碳排放量的同时，也减少了大气中气溶胶（如硫酸盐颗粒）的数量，而这些气溶胶可以阻止太阳光的入射。因此，综合这一因素，如果我们要控制升温幅度，就需要将二氧化碳浓度限制在405ppm以下。

我们距405ppm这个极限值已经不远了。2013年，大气中的二氧化碳浓度曾短暂地达到400ppm，这是有史以来的第一次。根据地质证据，这可能也是过去百万年来的第一次。为了避免突破405ppm的阈值，化石燃料的燃烧需要立刻完全停止。而为了避免突破450ppm的阈值，全球碳排放的增加也只能再持续几年，然后必须每年减少几个百分点。这些都是非常艰巨的任务。如果ECS值确实是2.5℃，达到排放目标将会稍容易些。

即使这样，还需要考虑相当多的因素。将二氧化碳限制在450ppm以下就可以避免地球温度升高2℃，这一结论只是比较保守地考虑了气候系统中云、水汽、海冰融化等可以快速反馈的影响因素。而美国国家航空航天局戈达德空间研究所前任负责人詹姆斯·汉森（James E. Hansen）等气候科学家认为，我们必须考虑一些更慢的反馈因素，如大陆冰盖的变化。如果考虑这些因素，汉森和其他一些科学家认为，我们

必须让二氧化碳浓度回到20世纪中叶的水平（约350ppm）才行。这需要广泛推广昂贵的“空气捕捉”技术，才能有效地将二氧化碳从大气中移除。

此外，升温2℃的安全线也是非常主观的。这一结论只考虑了大多数地区升温2℃后，可能经受不可逆转的气候变化，但破坏性的变化在许多地区已然发生了。在北极，海冰的减少和永久冻土的融化，已给当地的居民和生态系统带来灾难。在一些低洼的岛国，由于海平面的上升和海水入侵，土地和淡水都在消失。对于这些地区，当前的变暖以及由已排放二氧化碳所致的进一步变暖（至少0.5℃），都将导致破坏性的气候变化。

希望ECS值真的是2.5℃。这样，我们还可以对未来持谨慎的乐观态度。这将激励我们努力改变现状，避免对地球造成不可挽回的损害。也就是说，我们必须转变能源结构，不再依赖化石燃料。

扩展阅读

Defining Dangerous Anthropogenic Interference. Michael E. Mann in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 106, No. 11, pages 4065–4066; March 17, 2009.

Separating Forced from Chaotic Climate Variability over the Past Millennium. Andrew P. Schurer et al. in Journal of Climate, Vol. 26, No. 18, pages 6954–6973; September 2013.

全球变暖将更快到来

一系列反馈效应会使气候变化的速度大大加快，使气候系统逐渐失控。

撰文 / 约翰·凯里（John Carey）

翻译 / 曹智　白艳莹　闵庆文



精彩速览

科学家认为，如果地球变暖的幅度可以控制在2℃以下，诸如海平面大幅度上升等灾难就可以避免。

然而，长期数据显示，在2℃的极限到达之前，有三种全球反馈机制可能导致全球气候以更快的速度变化：冰雪融化改变海洋循环，土壤冷冻层融化释放二氧化碳和甲烷，以及冰川消融。

这些反馈效应将改变大气环流、加重虫灾和火灾的发生，从而加速

气候变暖。



约翰·凯里是自由撰稿人，曾任《商业周刊》资深撰稿人，撰写的内容涉及科学、技术、医药和环境等领域。



过去十多年间，科学家认为他们已经找到办法，使人类免受气候变化带来的最严重威胁。据说，将地球变暖的幅度控制在2℃之内，就可以避免海平面大幅度上升和极端干旱等灾难的发生。目前大气中二氧化碳的浓度为395ppm，而工业化之前为280ppm。要让温度上升幅度控制在2℃之内，需要将大气中能够吸收热量的二氧化碳的含量限制在450ppm以内。

现在看来，科学家们太乐观了。全球最新数据显示，地球变化快得出人意料。北冰洋消融的海冰比预期更多；横跨阿拉斯加和西伯利亚的永久冻土带释放的强力温室气体甲烷也比模型预测的更多；南极洲西部冰架垮塌的速度比预想更快；冰架后方大陆上的冰川滑入大海的速度也比以前更快；类似于2012年夏天席卷美国大部分地区的洪水和热浪的极端天气的出现频率也有上升的趋势。根据这些现象，可以得出什么结论？德国波茨坦大学的海洋物理学教授斯特凡·拉姆斯托夫（Stefan Rahmstorf）说："作为科学家，我们还没有得出如果将气候变暖幅度控制在2℃之内，一切将会万事大吉的结论。"

可能诱发全球气候变化加剧的因素是正反馈循环机制，科学家一直假定这种反馈已经开始。例如，海冰的减少导致反射的阳光减少，使更多海水变暖，而这又会使更多海冰融化；更严重的是永久冻土层融化会释放更多二氧化碳和甲烷到大气中，这反过来又导致永久冻土层进一步融化……

对潜在的快速反馈机制的研究，使一些科学家变成了灾难预言家。这些专家说，即使各国立即认真对待降低温室气体排放问题，并将大气中二氧化碳的浓度控制在上限450ppm之下（虽然这种情况越来越不可能发生），这些努力可能也会太微弱、太迟了。美国国家航空航天局戈达德空间研究所负责人詹姆斯·汉森（James E. Hansen）警告说，除非世界上二氧化碳浓度的水平锐减到350ppm，“不然我们将会启动一个人类无法控制的程序”。他说，21世纪海平面的上升幅度可能高达5米，这将淹没从迈阿密到曼谷的沿海城市。同时，持续的高温和干旱可能带来大规模的饥荒。为此，汉森补充说：“后果是不可想象的。”我们可能正处在快速驶向更暖世界的单向快车道上。

这是危言耸听吗？一些科学家是这么认为的。美国国家海洋和大气管理局的艾德·德卢克恩埃克（Ed Dlugokencky）对甲烷含量进行了评估，他说：“我认为，在短期内，灾难性的气候变化是不可能发生的。”美国科罗拉多大学博尔德分校的冰川学家塔德·普费弗（W. Tad Pfeffer）对全球融冰进行估算，并得出结论：21世纪海平面上升最多不到2米，而不是5米。然而，他与汉森同样具有紧迫感，因为即使很小的变化也会威胁到人类文明—如果这个文明只对非常稳定的气候系统有认识的话。“公众和决策者应该明白，海平面即使只上升60～70厘米，后果也会非常严重，”普费弗警告说，“这种日渐严重的灾害真的可以毁灭人类。”

虽然科学家对气候变化速度的意见不一致，但是他们都注意到了这个特别的反馈循环机制，且认为如果真的具有放大气候变化的作用，那它将对地球的未来造成很大威胁。英国南安普敦大学的海洋和气候变化专家埃尔科·罗林（Eelco Rohling）教授说：“我们必须开始更多地考虑‘已知的未知领域’和‘未知的未知领域’。”他解释说：“我们可能无法确切地知道所有的反馈机制，但过去的变化表明，它们确实存在。”若等到研究人员能够控制未知的时候，可能为时已晚。这引起了新西兰惠灵顿维多利亚大学大气科学家、2007年IPCC核心人员马丁·曼宁（Martin Manning）的担忧，他说：“21世纪气候变化速度之快，使我们来不及了解它。”

从过去看未来

科学家之所以越来越关注气候剧烈变化，一个很重要的原因是，他们对过去理解得更深刻了。20世纪80年代，科学家通过从冰芯记录中获取的信息，了解到地球已经多次经历突然和剧烈的温度波动时，都震惊了。迄今为止，科学家已经拥有了过去80万年的详细气候图片。汉森的最新分析结果显示，温度、二氧化碳浓度和海平面之间具有显著的相关性：它们同增同减，变化曲线几乎完全重合，但这种相关性并不能证明人类活动造成的温室气体排放引起了气候变暖。然而，哈佛大学的杰里米·沙昆（Jeremy Shakun）及其同事的最新研究显示：上一个冰期，二氧化碳浓度增加要早于温度增加。在最近的《自然》（*Nature*）杂志上他们发表了结论："由二氧化碳浓度上升引起的变暖是温度变化的原因之一。"

过去的一些变化快得令人难以置信。罗林对红海沉积物的研究显示，在大约12.5万年前的最后一个暖冰期（在两个冰期之间），海平面在100年内升降波动高达2米。罗林说："这真是快得离谱。"他的分析结果表明：在与我们现在类似的气候环境中，海平面要比现在高6米多。美国宾夕法尼亚州立大学地球科学教授理查德·阿利（Richard Alley）说："虽然这没有告诉我们未来是什么样的，但这值得我们关注。"

同样令人惊讶的是，只需要很少的一点外部能量（或者说"胁迫"），就能够触发过去那些波动。例如5500万年前，北极是一个亚热带的天堂，平均气温为23℃。那时，鳄鱼可以生存在格陵兰岛，热带地区对大部分生物来说可能就太热了。这个温暖的时期，被称为古新世-始新世极热（PETM）时期。这种状况显然是因为地球温度升高2℃引起的，当时地球在温度没有上升前就比现在暖和。那次升温可能造成甲烷和二氧化碳的快速释放，这就导致温度更高和更多温室气体被释放，从而引起进一步变暖。最终的结果是地球长达几百万年的持续高温（见《环球科学》2011年第8期《全球变暖：速度比幅度更致命》）。

在过去的100年里，人类活动已经带来不止0.8℃的温度升高。温室气体被释放到大气中的速度是古新世-始新世极热时期的10倍，这给环境带来非常大的压力。美国珀杜大学教授、地球和大气科学家马修·休伯（Matthew Huber）说："如果我们用掉未来100年的碳，我们也将遇到和PETM时期同样的变化。"

与已知的各个冰期发生温度变化的原因相比，我们现在正更有力地推动着气候变化。塞尔维亚天文学家米卢廷·米兰科维奇（Milutin

Milankovic）指出，冰期的消长与地球运行轨道和倾斜角的微小变化有关。几万年来，其他行星对地球引力的变化使地球轨道从接近圆形逐渐变成轻度偏心圆。汉森说，这些变化使照射到每平方米地球表面的太阳能有了大约0.25瓦的波动，这个量是非常小的。这些能量如果要引起可被观察到的气候波动，必须经由像海冰变化和温室气体排放这类反馈机制的放大。英国皇家霍洛韦大学教授、地球科学家尤安·尼斯比特（Euan Nisbet）说，过去的气候变暖的模式是“反馈紧接着反馈，如此循环”。

人类排放温室气体导致的气候压力非常大，达到每平方米3瓦（相当于0.25瓦的12倍），并且还在不断上升。那么，气候变化的速度会不会也是以前的12倍呢？这不一定。“我们不能将过去和未来的响应等同起来，”罗林解释说，“我们要研究的是全球变暖的运行机制、如何触发，以及结果能有多糟。”

令人不安的反馈机制

科学家已经明白，在这些反馈机制中，反应最快的是遍布全球、携带着热量的洋流。如果大量的淡水（坍塌的冰川或增加的降水）倾入北半球海域，暖流就会减缓或停止，推动全球洋流的“引擎”也就停止了，结果会导致格陵兰岛在10年内从冷变暖。美国国家海洋与大气管理局地球系统研究实验室的资深科学家彼得·坦斯（Pieter Tans）说：“格陵兰岛冰芯记录显示，变化可能会发生得非常非常迅速，甚至用不了10年。”

阿利回忆说，刚进入21世纪，上述“淡水机制”被弄清楚时，“我们很多人都很紧张”。然而他补充道，更详细的模型表明，“虽然增加淡水是非常可怕的，但是增加的速度并没有达到从根本上改变全球气候的程度”。

反馈机制中一个更直接的、令人担忧的部分是永久冻土带，它现在已经开始“冒泡”了。科学家曾一度认为，苔原冻土的有机质只有1米深，所以从开始升温到深层土壤开始大量解冻，要经过很长时间。但是根据最新研究，这个判断是错误的。佛罗里达大学的生物学家特德·索尔（Ted Schuur）认为：“我们所有的发现几乎都出乎意料。”

第一个意外是冻土中的有机碳分布深达3米，所以有机碳含量比预期更多。此外，西伯利亚零星分布着覆盖富含有机质永久冻土层的大土

丘，这些冻土被称为苔原富冰黄土。它是由风从中国和蒙古带来的泥土堆积形成的，其中碳存量多达几千亿吨。索尔说："大约是现在大气中二氧化碳含量的两倍。"美国科罗拉多州立大学甲烷研究学者乔·冯·费希尔（Joe von Fischer）说："这种形式的碳是一颗定时炸弹。"冻土解冻越多，就会有越多的微生物把有机碳分解成二氧化碳和甲烷，造成气温升高，进一步使更多的冻土解冻。



快速变化的反馈机制可能会加速全球变暖，融化永久冻土，例如在冰岛中部正在发生的情况。

定时炸弹爆炸的时间可能正在提前。冻土表面的冰雪融水往往会形成浅湖。阿拉斯加大学费尔班克斯分校的凯特·沃尔特·安东尼（Katey Walter Anthony）发现，有甲烷从湖底释放出来（见《环球科学》2010年第1期《甲烷：从北极冻土中爆发》）。许多研究人员还发现，永久冻土层融化会开裂成小峡谷，形成热喀斯特地貌，这就会增加冻土暴露

在空气中的面积，加速冻土融化和温室气体排放。最近，对挪威斯匹次卑尔根群岛和西伯利亚的考察中发现，浅水域的海底有大量甲烷释放。

如果由点及面地铺展开来分析，全球范围内甲烷排放总量足以引起气候大波动。不过，全球甲烷排放量的测算值不一定代表当前甲烷的实际增加量。究其原因，阿拉斯加大学费尔班克斯分校致力于永久冻土温度研究的弗拉基米尔·罗曼诺夫斯基（Vladimir E. Romanovsky）说，一是因为甲烷排放的热点"只存在于局部地区"，二是科学家们更善于发现以前本来就存在的热点地区。因此，罗曼诺夫斯基说："我不担心甲烷增加带来的气候剧变。"

其他人并不这么肯定，特别是因为甲烷有另一个潜在的主要来源—热带湿地。气候变暖很可能引起热带地区降雨增加，随之湿地面积将会扩大，湿地生产力也会提高，就会有更强的厌氧分解作用，释放更多的甲烷。增加的湿地可以释放与北极变暖差不多、甚至更多的甲烷。我们应该有多担心？尼斯比特说："我们不知道，但我们最好继续观测。"

融冰效应

让气候学家最担心的反馈部分是地球上冰的减少。例如，许多气候模型并没有成功预测2012年夏天北冰洋海域海冰的急剧减少。尼斯比特说："这是模型方面的极大失败。"而且，格陵兰岛和南极洲的冰川也在迅速消失。

为了弄清楚这是怎么回事，科学家一直在利用卫星和地面测量手段绘制格陵兰岛冰川图，还在南极冰架下安放了探针。美国国家大气研究中心资深科学家杰里·米尔（Jerry Meehl）透露，科学家见到了以前没有见过的东西。

在格陵兰岛，伍兹霍尔海洋研究所的冰川学家萨拉·达斯（Sarah Das）看到，一个冰水融化形成的湖泊突然流入914米厚的冰川的缝隙中。其水流速度大到足以将巨大的冰川与基岩分离，进而使冰川加速滑入海洋。在阿拉斯加，普费弗有数据显示，巨大的哥伦比亚冰川滑入海洋的速度已经从1米/天增加到15~20米/天。

在南极洲和格陵兰岛沿岸，漂浮在海上的大冰架正在崩塌，这警告我们，冰架有多么不稳定。温暖的海水从下面蚕食着冰架，与此同时，温暖的空气从上面打开一个个裂缝。冰架本来能够起支撑作用，以免基

部在海底的冰块以及邻近的陆上冰川在重力作用下滑入海中。虽然浮冰融化不会引发海平面上升，但水下的冰川可以。阿利说：“我们正在努力探索海平面上升是否显著高于预期这一问题。”

冰川减少令人恐惧，不仅是因为它们会使海平面上升，还因为它们会触发强大的反馈机制。冰能将阳光反射回太空。没有冰块后，颜色较深的陆地和海洋会吸收更多的太阳热量，进而融化更多的冰。地球表面反射率的变化可以解释，古气候记录中那些较小的能量波动是如何被放大的。汉森说：“同样的事情也会发生在今天。”

到目前为止，只有少数科学家同意汉森对于海平面到2100年可能会上升5米的预测。“但是我们真的不确定，”阿利说，“我仍然比较倾向于我的预测，即海平面上升较小，但我也不想任何人因为我说的话而购买沿岸地产。”



瑞士阿尔卑斯山的Trift冰川已经后退了3000米。



在挪威的斯匹次卑尔根群岛，融冰滑进海里。

复杂的变化

地球上过去的气候波动确实表明，如果我们给予足够的推动力，反馈机制将极大地改变地球。休伯说：“如果我们燃烧我们能够获得的所有的碳，就一定会发生与PETM时期类似的气候变暖。”这也许有利于北极鳄鱼，但对人类或大多数生态系统没有好处。

然而，真正让科学家失眠的可能是，即使这些特定的反馈机制近期不会对人类产生威胁，但它们也可能会驱动其他可以对人类产生威胁的机制。这种机制首先可能影响全球水循环。每年都有实例表明，气候变化会从根本上改变区域小气候，如带来洪涝、干旱等极端天气。

拉姆斯托夫最新的一项分析表明，像2010年那样重创俄罗斯的热浪的发生次数提高了5倍，导致这一现象的原因很可能就是已经发生的气候变暖。拉姆斯托夫说：“这是一个重要因素。”新的研究着眼于2011～2012年美国有史以来最暖冬季期间（这个时期欧洲遭遇了有史以来最冷

的寒流）北极海冰的损失。其中隐含的机制是：海冰越少，北极海水温度越高。秋季，海洋释放大量热量，改变大气的压力梯度，造成急流（围绕地球的强而窄的高速气流带，集中在对流层顶或平流层，在中高纬地区西风带系统内或在低纬度地区都可出现）更大程度地弯曲，从而使其长期停留在一个地方。这种弯曲使美国东北部冬季更暖和，东欧却更寒冷。

潜在的生态反馈使整个机制变得更为复杂。例如，美国和加拿大西部气温变暖引起山松甲虫的流行。虫灾导致几十万公顷（1公顷＝10,000平方米）的树林死亡，森林从碳汇（健康的树木吸收二氧化碳）转变成碳源（死树分解释放二氧化碳）。2007年，高温导致美国阿拉斯加北坡苔原发生7000年一遇的火灾，加速了这一区域冻土层融化和碳排放。西伯利亚气候变暖使广袤的落叶松树林开始转变为云杉林和冷杉林。冬季，落叶松的针状叶脱落，积雪会将太阳的热量反射回太空。弗吉尼亚大学的生态学家汉克·舒加特（Hank Shugart）解释说，云杉和冷杉的针状叶不会在冬季全部脱落，太阳热量还没到达积雪时就已被这些树叶吸收。仅植被变化的反馈就可能使地球温度上升1.5℃。他说："我们正在玩一把上了膛的手枪。"

尼斯比特的"噩梦"是这样的：首先是甲烷排放量的上下波动以及非常炎热的夏季造成大规模火灾，排放大量碳。烟和烟雾覆盖中亚，减弱季风，引起中国和印度农作物大面积歉收。同时，根据厄尔尼诺模式，赤道地区太平洋海水温度升高往往会给亚马孙地区和印尼带来干旱。热带森林和泥炭沼泽也会因发生火灾，释放更多的二氧化碳到大气中，进入气候迅速变暖的快车道。"这是绝对会发生的，"尼斯比特指出，"我们比自己想象的更脆弱。"

但是，各种反馈究竟会变得多强大？虽然气候模型能够很好地解释过去和现在，但当用它来预测未来时就会失灵。索尔补充说，即使地球现在正处在一个临界点，我们可能也没有意识到。

对气候政策来说，令人不安的是科学没有给出明确答案。曼宁说："我们知道气候发展的方向，却不知道发展的速度。"然而，科学家认为，不确定性也不能够成为不采取行动的理由。相反，不确定性应让全球更加努力去减少温室气体排放，因为不确定性揭示了气候剧烈变化的风险真的很大。尼斯比特说："此刻我们正在做的是，从地质年代的时间尺度上对发生的大事件进行对比，因此，我们会预测，输入现在的数

据能得到与过去发生过的事件相类似的结果。”

汉森觉得自己如果不对气候变化这一问题采取行动，就没有办法面对自己的后代。他说：“将逐渐失控的气候系统留给年轻人是不道德的。”

扩展阅读

Abrupt Climate Change. U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. U.S. Geological Survey, December 2008. http://downloads.climatescience.gov/sap/sap3-4/sap3-4-finalreport-all.pdf

Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2012. http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-All_FINAL.pdf

Paleoclimate Implications for Human-Made Climate Change. James E. Hansen and Makiko Sato in Climate Change: Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects. Edited by André Berger et al. Springer, 2012.



极端天气将成常态

过去四年的夏季和冬季中，全球范围内出现了大量极端天气。
不久后，这些极端天气很有可能会成为常态。

撰文 / 杰夫·马斯特斯（Jeff Masters）

翻译 / 聂羽

审校 / 张洋



精彩速览

在过去的四年间，急流发生了异常的弯曲，极端的天气事件因此频发。

当急流长时间维持异常状态后，每一次极端天气的持续时间也会随之变长。

有科学家认为，急流发生异常弯曲是因为北极海冰减少。当然，这种观点也存在争议。

如果无法减缓全球变暖的速度，异常的急流会在未来导致更多干旱、洪水、热浪和冰冻等灾害。



在冬季，一场特大的暴风雪袭击了美国密歇根沿岸，狂风卷起的海浪不断拍打沿岸的一座灯塔，并冻住了整座建筑。

杰夫·马斯特斯是全球知名气象机构Weather Underground的负责人、灾害性天气预报方面的专家。1995年，他和同事共同创建了商业气象服务组织，并坚持在Wunderblog上撰写博客。目前，该博客已成为最受瞩目

的天气博客之一。



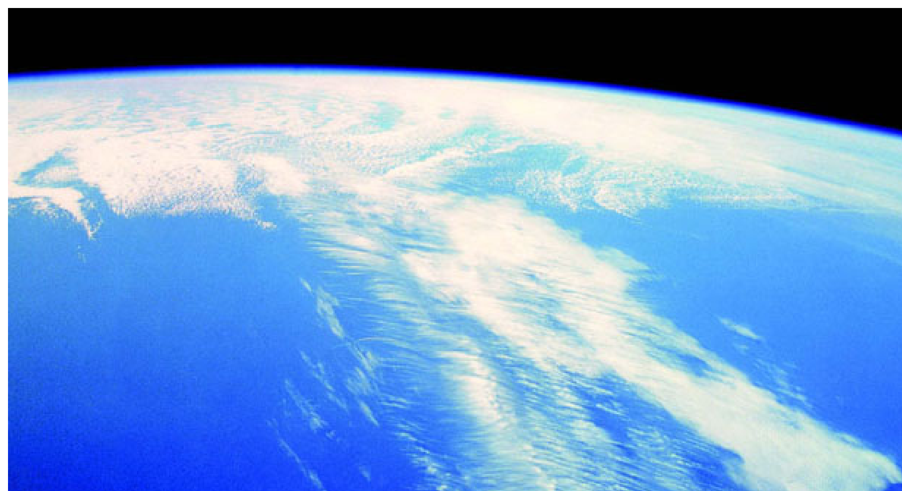
从2013年11月到2014年1月，北美和欧洲地区的急流出现了非常极端的持续性异常现象。这支贯穿全球的西风气流在美国的东部地区异常偏南，使“极涡”（来自北极地区的冷空气）的影响范围扩展到了比往年更偏南的地区，导致美国东部大约三分之二的地区异常寒冷。这一年，五大湖的冰盖面积迅速攀升，最终达到了历史第二的纪录。两次特大暴风雪还袭击了亚特兰大，使该市交通瘫痪达数天之久。

与此同时，顽固的高压脊（一种天气系统，常形成晴好的天气，降水少）却长期盘踞在加利福尼亚州的上空，造成了有史以来最温暖的冬天。尽管“暖冬”听起来很不错，但却导致加利福尼亚州发生了自18世纪末以来最严重的干旱，并造成了数十亿美元的农业损失。

急流的持续异常也影响了欧洲地区。连续几场暴风雪直接导致了当地几十亿美元的损失。英格兰和威尔士经历了从1766年以来最潮湿的冬天，欧洲其他地区也异常偏暖：在2014年1月，挪威遭遇了史无前例的森林火灾；正在举办冬季奥运会的俄罗斯索契则遭遇了冰雪融化对滑雪场造成的破坏。在2014年5月，波黑整个国家大约三分之一的土地因强降雨而面临洪涝灾害。

通常情况下，急流是一条盘踞在中纬度地区、自西向东传播的西风

气流。正如我们在电视上的天气预报中所看到的，急流的空间状态就像示波器上的正弦波一样，常常会出现南北摆动的周期性运动。急流中弯曲的地方叫作行星波或罗斯贝波，波动能在3～5天的时间内横穿美国本土。在波动过境的同时，也会给当地带来不同的天气状况。



高空云：当“航天飞机”沿加拿大东部飞过时，在急流附近捕捉拍摄到了高空云。急流最高时速可以达到300千米／小时。

然而，在2013～2014年的冬天，这些波动开始变得极不规则，它的振幅开始增大，波形的倾斜程度也变得异常。在这种情况下，急流中的西风风速明显比平时偏弱，而且，有时候它会在一个地方持续停留一周以上，造成该地区长时间的天气异常。2014年5月，犹他州立大学的王世宇教授主持的一项研究发现，2013～2014年冬季北美上空的急流空间状态是有记录以来最极端的一次。

这样的急流异常只是一次个例？显然不是，发生急流异常的情况正变得越来越频繁。2010年，俄罗斯经历了历史上最严重的高温热浪，超过55,000人因此死亡。与此同时，巴基斯坦经历了有史以来损失最惨重的洪涝灾害。在2011年，美国俄克拉何马州经历了美国各州历史上最炎热的夏天。2012年，在美国发生的干旱也创下了历史纪录，这是美国从1930年以来损失最惨重的一次。

2013年4月，德国波茨坦气候影响研究所发表了一份研究报告，这份由弗拉基米尔·波图霍夫（Vladimir Petoukhov）及其同事撰写的报告指出，在前文提到的极端天气事件中，急流的异常弯曲都具有一个共同

特点：向东传播的罗斯贝波会在某一个地方异常停滞，且波动振幅明显增大。有的时候，异常的罗斯贝波会持续几天甚至一个月。科学家指出，2001～2012年的夏季，急流出现异常状态的频率是过去22年间在夏天发生类似情况的2倍。

正如鲍勃·迪伦（Bob Dylan）在歌中所唱："你并不需要天气预报员来告诉你风往哪里吹。"因为急流的变化对天气的影响十分明显，而且能很容易地找到将急流和天气联系起来的原因。在过去的150年，我们所处的气候基本态（局部地区的常年气候特征）已经发生了显著变化，气候态的改变也开始改变急流的行为。例如，由于大量使用煤炭、石油和天然气等化石燃料，造成大气中二氧化碳的浓度增加了40%，这种气体具有保温的作用，能产生明显的温室效应。从1900年以来，夏季北极海冰的范围减少了近50%，海冰减少进一步影响了大气和海洋的热量传输。由于人类大规模利用土地（如农田、牧场、城市的发展），由地球表面向外反射太阳辐射的情况也发生了巨大的改变。不仅如此，发电站、机动车、建筑物以及工业生产所释放的煤烟和其他空气污染物也在产生影响，改变太阳辐射在大气中的反射和吸收。在南极上空的平流层中出现的巨大臭氧空洞，也在改变该地区高空的风场分布。

人类对气候系统造成了显而易见的冲击，作为回应，地球的基本气候模型也随之发生了改变。事实上，王世宇和他的团队认为，假如没有人类活动引起的全球变暖，急流的空间状态可能不会如此反常。

气候变化的严重性在于，气候系统是非线性的。中等程度的全球变暖可能会引发一场天气过程的巨变。目前，气候学家仍在争论：到底是全球整体的气候系统在经历一场巨变，还是仅仅只有急流本身。此外，对于德国波茨坦气候影响研究所的研究人员提出的理论解释，气候学家也争辩不断：到底有没有显著的证据，可以证明北极地区的快速增温导致了急流的相应变化。

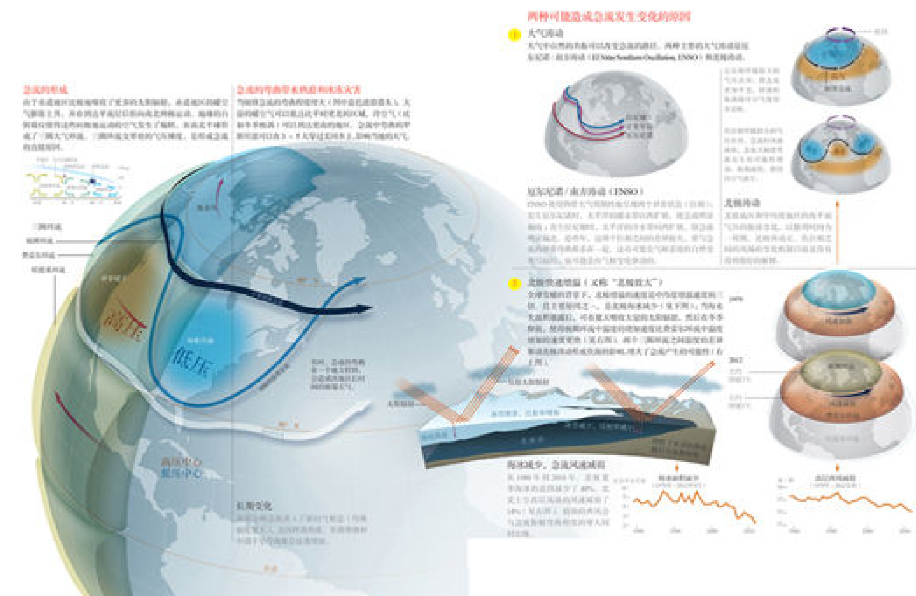
如果确定急流正在自我调整并进入一种全新的状态，那对人类来说将是坏消息。2014年8月，英国埃克塞特大学的詹姆斯·斯克林（James Screen）教授和澳大利亚墨尔本大学的伊恩·西蒙兹（Ian Simmonds）教授联手在《自然气候变化》（*Nature Climate Change*）上发表了一篇文章，强调急流变化潜在的气候效应。他们指出，"假如人类活动引起全球变暖，急流就会以弯曲幅度增大作为回应，"那么，"我们的研究结果表明，急流的改变会使以下灾害事件频发：北美西部、亚洲中部的热浪事

件，北美东部的寒潮事件，北美中部、欧洲以及亚洲中部的干旱，还有亚洲西部的极端降水等。”

基本原理

异常急流导致异常天气

在南北半球的高纬度地区，存在两支急流。当极锋急流的弯曲程度增大时（图左侧），异常的暖空气或者冷空气会在大陆多个地区产生影响。这种弯曲可以维持几天甚至一周，引起干旱、洪涝、热浪和冰冻等灾害。三种主要理论可以解释这种异常的弯曲，其中两种与气候变化相关。



制图：胡安·贝拉斯科（Juan Velasco），数据来源：阿曼达·霍布斯（Amanda Hobbs）

新的气候态意味着，今后美国中西部地区将会频繁遭遇严重干旱的夏季。美国东部的居民也会像2010年的冬天一样，更加切身地经历发生在华盛顿特区的特大暴风雪。如果美国中部、欧洲、中亚等地区遭遇严酷的干旱，而且持续时间很长，那全世界范围内的食品价格将会飞速上涨。

自然驱动的“怪兽”

急流由大气层的活动引起。气候变化可以通过影响大气层的状态，间接改变急流的活动形态。而环绕在南北半球地表上空9～14千米处的急流会进一步对低层降水系统产生影响。急流通常分为极锋急流和副热带急流两支。极锋急流处于近极地地区冷空气和热带地区暖空气的交界处，而副热带急流则更靠近赤道。本文在讨论急流时，是指占据主导作用的极锋急流。

伴随季节变化，急流的纬度也会发生南北摆动。在冬季，急流通常位于美国中部地区。到了夏天，急流中心将向北移到美国和加拿大的交界处。急流中的空气流动常常是无序的，并伴有罗斯贝波。在北半球，当急流伴随高压脊向北扩张时，会把南方的暖空气带向北方。当急流伴随低压槽向南扩张时，又会把冷空气从北方带向南方。

在南北半球的大气层中，从低纬到高纬都存在三圈并存的闭合环流—三圈环流，分别称为哈德莱环流、费雷尔环流和极圈环流。急流就被认为是三圈环流的产物（参见上页示意图）。尽管三圈环流是形成急流的主要过程，但大气中的其他因素也能使急流发生改变。例如，太阳的照射、海陆分布、高耸的山脊、温室气体的含量和空气中起反射作用的尘埃等，都会影响大气中的共振现象。就像吉他中不同的弦在弹动时会产生共振一样，当大气中其他因素发生变化时，大气也会产生共振，这种共振被称作遥相关型。自然界中的共振现象均能够使急流发生形变，因此也让我们很难判断，究竟近几年急流怪异的行为是受共振影响形成的短期现象，还是已经变成了一种新的常态。

在北半球，ENSO和北极涛动是两个非常重要的遥相关型。厄尔尼诺发生在热带地区的海平面上，是以3～8年为周期反复震荡的气压场变化现象。当厄尔尼诺发生时，赤道东太平洋的异常暖海水涌入南美洲的西海岸；当与之相对应的拉尼娜发生时，赤道东太平洋的异常冷海水将会对南美的西海岸产生明显影响。北极涛动指的是北极地区和中纬度地区海平面气压场在10～30天范围内的周期性振荡。如果上述两个地区的气压差很小，那么急流会偏弱，使得急流状态容易出现较大振幅的弯曲。在冬季，北极和中纬度之间的气压差减小，有利于冷空气向南入侵美国东部地区、欧洲西部地区和东亚地区。

极端天气大爆发

大气中的遥相关型是非常复杂的。它们既可以相互抵消，也可以相互增强。一旦大气的基本态发生了改变，遥相关型也会发生改变，使急流发生异常。2011年，太平洋发生了一次由较弱到中等程度的拉尼娜事件，而在这种海温条件下，却有一支极端异常的急流持续很长时间，显得非常奇怪。当时，任何已有理论都无法解释这种现象。同年12月，在旧金山举办的美国地球物理年会上，来自罗格斯大学的著名大气科学家珍妮弗·弗朗西斯（Jennifer Francis）将这次事件与北极快速增暖联系起来，并给出了最新的解释。她指出，北极海冰的减少必然会影响大气环流。近些年，北极增暖的速度比北半球的其他地区快了两倍多（这种现象称作“北极放大”）。她认为，北极的快速增暖会对北半球急流的活动造成明显的扰动。

弗朗西斯的理论听上去很有道理。北极加速增暖的一个主要原因是秋季和冬季北极海冰减少。近年，由于海冰的融化以及表面风场的作用，北冰洋上的海冰显著减少。相对于1979～2000年的气候态来说，2012年9月时，北冰洋的海冰覆盖范围减少了49%，相当于美国国土面积的43%。当海冰融化，冰下的海水暴露后，暴露的海水会吸收更多太阳辐射，海洋以及海洋上空的大气开始变暖，从而带来更多热量使得海冰继续融化，形成正反馈机制并加速海冰融化。

随着海冰逐渐融化，暴露出来的海水会在秋冬时释放出储存的热量，对北极上空大气的基本态产生长达数月、影响明显的扰动。在北半球的夏季，当北极的冰雪覆盖消失后，也会发生异常的“北极放大”现象。研究还显示，全球变暖已经使春季提前到来，而且每10年就会提前3天。提早融化的积雪会造成雪下的土壤加速暴露，使土壤吸收更多热量，使湿度降低，这些因素都驱使大陆地区提早进入更加温暖的季节。

由于“北极放大”（海冰减少、春季冰雪覆盖的面积减少等现象引起的）和其他因素的作用，北半球中纬度地区和北极地区的气温差异显著减小。温差减小的同时也会造成急流剧烈变化。而且，如果温差减小，处于中纬度地区的费雷尔环流和处于副极地地区的极圈环流之间的能量交换会减少，急流的风速也会被削弱。弗朗西斯和威斯康星大学麦迪逊分校的斯蒂芬·瓦卢斯（Stephen Vavrus）指出，伴随温差减小，北美地区和北大西洋的高层大气中，急流风速已比1979年降低了14%左右。

当急流风速减弱时，其状态会呈现出幅度更大、更蜿蜒的曲线。弗朗西斯指出，从2000年开始，冬夏两季的极锋急流中，伴随出现的槽和脊的振幅已明显增大。如果急流的弯曲程度变大：在急流的北侧，暖空气可以伸展到更北、更冷的地方；在急流的南侧，冷空气则可以延伸到更偏南的地方。正是因为这种特性，造成了美国东海岸2013年1月强冷空气的爆发。当时，北边极涡的冷空气大肆侵入美国东部，而在加利福尼亚地区却经历了非常严重的干旱事件，其他地区也发生了异常偏暖的事件。波动理论显示，急流风速减弱会使罗斯贝波向东传播的速度变慢，并且导致波形振幅较大的异常天气在一个地方长时间停留。这些大槽和大脊如果在一个地方停留时间过长，还会形成“阻塞形势”，使波动停止继续扩散。

都是北极的错？

近期，对北极快速增暖和急流极端异常关系的研究在科学界掀起了一股热潮。2013年9月，美国国家科学研究委员会主办的研讨会在美国马里兰大学举行，会议吸引了超过50位气候学家参与。大部分气象专家都认为，在北极快速增暖的这段时间内，急流确实发生了改变。但是，也有很多科学家对最近15年北极快速增暖的强度是否足以使急流发生变化，一直持质疑态度。

一些专家还从能量的角度，对北极快速增暖和急流变化之间的联系提出了质疑。因为体积巨大的急流中蕴含很多能量，想要改变急流的状态，需要很大的能量才能实现。美国国家大气研究中心的凯文·特伦伯斯（Kevin E. Trenberth）的一项研究表明，ENSO可以驱动急流发生变化，而北极快速增暖所吸收的热量要比ENSO中的能量小一个量级。2014年8月，特伦伯斯与合作者在《自然气候变化》杂志上发表了一篇文章，阐述近年太平洋十年际振荡（Pacific Decadal Oscillation, PDO）遥相关所造成的热带太平洋的能量变化，并提出这种现象也能导致急流发生较大程度的弯曲。特伦伯斯还指出，过去10年间，PDO的自然变率本身也会受到气候变化的影响。

2014年2月，包括特伦伯斯在内的5位著名气候学家在《科学》（*Science*）上发表一篇文章，对弗朗西斯的研究提出了批评。他们指出，对于北极快速增温与急流异常状态关系的研究，仍需要更多人参

与，以求进一步研究。他们在文章结尾时总结说：“目前相关的理论和解释并不能令人信服”。

一些科学家甚至质疑急流的波动振幅是否在增大。在2013年发表的一篇文章中，斯克林和西蒙兹用了一种不同于弗朗西斯的定义来衡量急流的变化。他们的研究表明，在统计学上，急流波动振幅并没有表现出显著改变。不过，他们也指出，急流波动振幅还是有增大的趋势，尽管这种趋势比较微弱。但是，这些研究人员并没有给出其他理论，以解释急流极端异常的原因。在2014年8月，波茨坦研究所的季姆·库穆尔（Dim Coumou）教授和他的研究团队在《美国国家科学院院刊》（*PNAS*）上发表文章指出，北极快速增温导致北极地区和中纬度地区的温差缩小，至少在夏季，这个因素就可以使急流发生较大的变化。

不能再等了！

尽管对于急流异常的原因，科学家目前仍然存在很大争议，但气象数据却用最显而易见的方式记录了这一切。在美国历史上曾发生过多次毁灭性的灾害事件，比如1974年的超级飓风、1936年的极端干旱和热浪、1927年密西西比河的严重洪涝灾害等。这些灾害都与2011～2012年发生的灾害具有某些相似性。因此，急流的异常行为可能预示着我们正将进入全新的、更具威胁的、灾害事件更加频繁的气候态。

如果地球持续变暖，在急流中伴随高压脊的地方，高温将会制造更多热浪和干旱；在急流向南弯曲伴随低压槽的地方，海洋上的暖湿空气会随之传播，形成更多暴雨。如果急流持续缓慢移动，并伴随较大振幅的罗斯贝波，还会持续性引发更多的极端天气，造成巨大的伤亡和破坏。如果弗朗西斯和同事提出的理论是正确的，除非找到补救北极海冰的有效办法，否则我们将无法恢复曾经的气候态。事实上，由于大气中的主要温室气体（二氧化碳）目前仍以每年0.5%的速度增加，已经没有科学家认为北极的海冰会恢复到过去的状态了。

干旱是急流异常造成的严重威胁之一，因为它会影响我们赖以生存的水和食物。如果由于急流异常，导致高压脊长期停留，并盘踞在美国和俄罗斯等粮食生产基地的上空，那么，当地气候条件将无法给庄稼的生长提供必需的水分。干旱将会导致食品价格飞速上涨、饥荒肆虐，以及由暴力引发的社会动荡。在2010年俄罗斯发生的严重干旱和热浪事件

中，就有一团巨大的高压脊盘踞在整个国家的上空。而原本应该给俄罗斯农业基地带来充沛雨水的低压系统转向巴基斯坦，造成巴基斯坦洪水泛滥。这次干旱和热浪事件是俄罗斯历史上造成死亡和损失最惨重的一次。它迫使俄罗斯中断小麦出口，进而推高全球谷物价格，使得多个国家和政府摇摇欲坠。

显然，我们不能等到科学家完全弄清楚气候变化的原因和机制以后才开始行动。在全世界范围内都必须迅速有力地采取行动，把气温升高的幅度控制在2℃以内。例如，到2050年，太阳能、风能、核能等几乎不排放二氧化碳的清洁能源应该发展到现有规模的3倍以上；与2010年相比，温室气体的排放量也必须减少40%～70%。从经济角度来看，这些措施仅会使世界经济出现每年0.06%的负增长，因此完全可以承受。但是，如果要等到2030年才开始行动，我们所要付出的代价将会大大增加，并且很可能难以将升温幅度控制在2℃以内。

根据几位著名气候学家的研究，夏季的北极海冰最终会全部消失。如果北极海冰的改变真的是造成急流异常弯曲的罪魁祸首，那么，从2014年开始到2030年的十多年间，随着剩下的50%的北极海冰持续减少，还会带来更加严重的极端天气。即使北极的变化不是急流发生变异的原因，结果也会让人不安。因为到目前为止，急流发生改变的物理机制仍然未知，我们也很难厘清气候变化会对急流造成何种影响。所以，我只能预测：在接下来的15年，摆在我们面前的是前所未有的气候挑战。

扩展阅读

Linkages Between Arctic Warming and Mid-Latitude Weather Patterns: Summary of a Workshop. Katie Thomas et al. National Academies Press, 2014. www.nap.edu/catalog.php?record_id=18727

Jeff Masters's WunderBlog: www.wunderground.com/blog/JeffMasters/show.html

U.S. National Climate Assessment: http://nca2014.globalchange.gov



全球变暖引发超级寒冬

北极海冰消失，将会让美国和欧洲的冬天更容易出现恶劣天气。

撰文／查尔斯·格林（Charles H. Greene）

翻译／冉隆华

审校／陈文



精彩速览

全球变暖使得北极夏季海冰的消失速度大大加快，改变了影响美国和欧洲冬季天气的条件。

这些变化导致北极空气侵入地球中纬度地区，使得严冬爆发的可能性加大：2010年和2011年，美国东部和北欧出现了严冬；2012年1月，东欧出现了严冬。

未来，北美和欧洲很可能再次出现严冬。



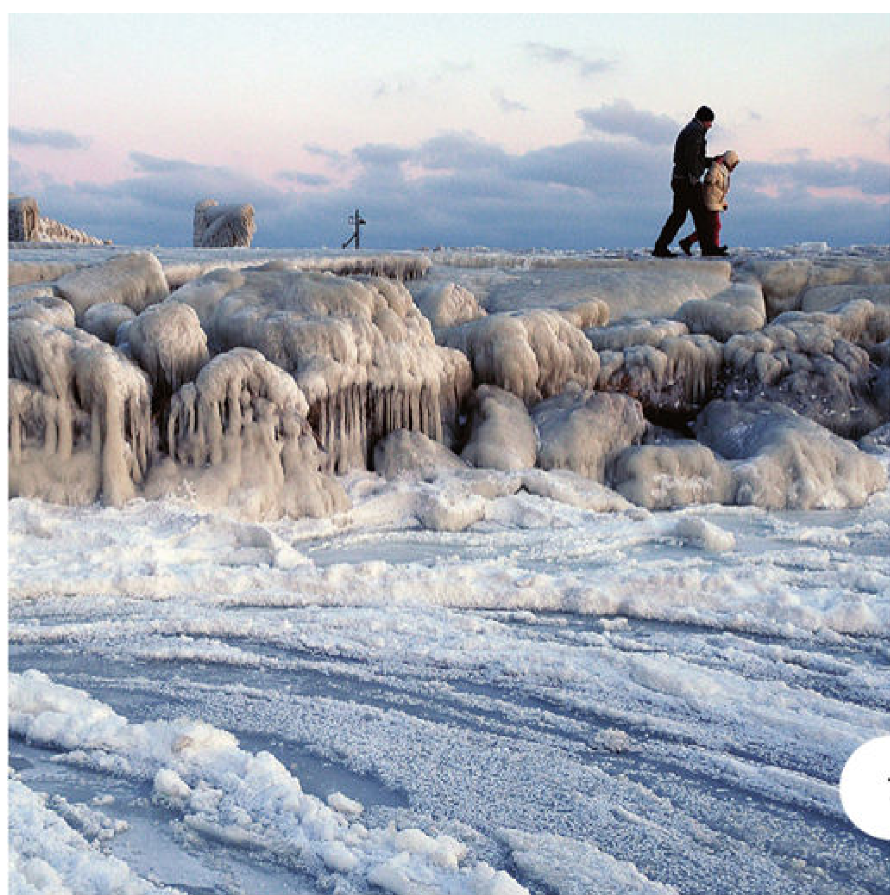

LIEBHERR
2


3






6





雪灾

1．2012年2月4日，温暖的西班牙马略卡岛帕尔马意外地下起了雪。

2、3．2012年2月11日，罗马尼亚Carligu MIC大约35,000居民得不到食物和水，两天死亡16人。

4．2010年2月10日，美国华盛顿特区“雪魔”暴风雪使政府停摆将近一个星期。

5．2012年2月5日，西班牙布尔戈斯公路被雪覆盖，汽车行进缓慢。

6．2012年2月6日，东波斯尼亚和黑塞哥维那一个孤立的村庄完全被雪与外界隔绝。

7．2012年2月1日，黑海上的罗马尼亚康斯坦察内陆温度下降到-34℃。

8．2011年2月2日，美国芝加哥数百名司机被困湖滨大道长达12小时。

查尔斯·格林是美国康奈尔大学地球与大气科学教授、海洋资源和生态系统项目主任、未来可持续发展戴维·阿特金森中心研究员。他还是该校可持续地球、能源和环境系统教育项目协调人。



近年来，北美和欧洲部分地区的冬季都不同寻常。首先，2009～2011年的冬天，美国东海岸、西欧和北欧等地区遭遇了一系列异常寒冷的雪暴天气。例如，2010年2月，美国华盛顿特区发生“雪魔”雪暴，美国政府停摆将近一个星期。同年10月，美国国家海洋和大气管理局气候预测中心预测，美国东部地区2010年底至2011年初的冬季将是温暖的，根据是东太平洋出现拉尼娜现象，使海水温度比通常海洋温度低。虽然存在拉尼娜现象的调节作用，但是2011年1月美国纽约和费城温度仍然非常低，遭遇了创纪录大雪的袭击，令气候预测中心和其他预测者颇感意外。

2011年底至2012年初，这个冬季的意外事情很多。美国东部出现了历史上最温暖冬天，而北美其他地区和欧洲却没有那么幸运。美国阿拉斯加2012年1月的平均温度比历史同期平均温度低了10℃，令人们措手不及。阿拉斯加一次暴雪就使其东南部的许多城镇积雪厚达两米。与此同时，中欧和东欧地区大面积遭遇寒冷天气，温度降到-30℃，积雪堆至平房屋顶。到2012年2月初积雪消退之时，这些地方共有550多人丧生。

在利用测温仪器跟踪全球气温的160年历史中，2002～2012年是其间最温暖的10年，我们该如何解释这10年间发生的这些恶劣天气事件呢？科学家们似乎在极不寻常的时间和地点找到了一个答案—最近，北冰洋海冰夏季消失量创下纪录。

海冰消失创纪录

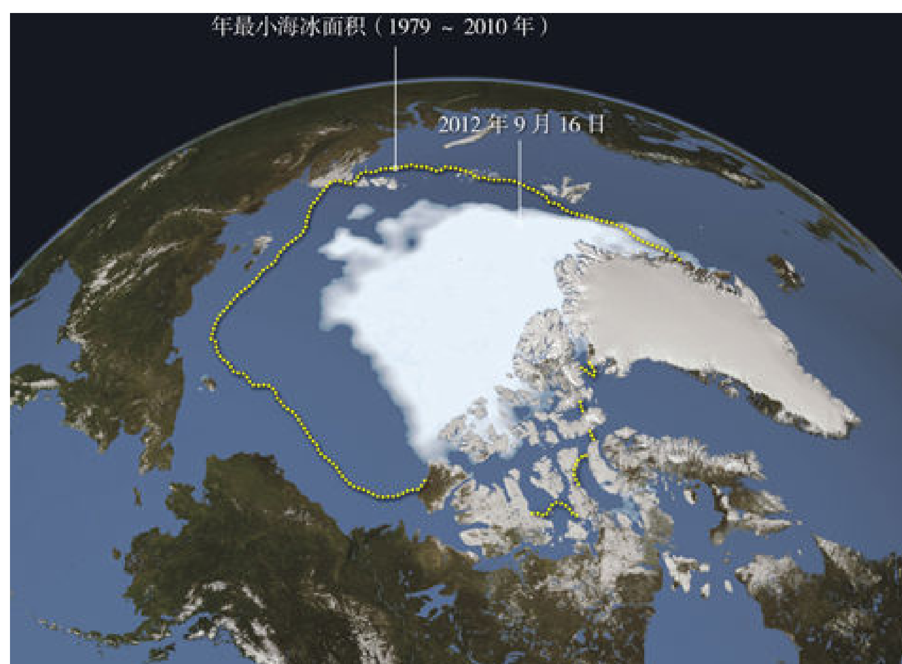
1989年4月，我首次踏上北极圈。自那以后，北极发生了巨大的变化。最显而易见的变化是，夏季海冰面积不断减少。每到冬季，北冰洋几乎一派冰封。冬季海冰由多年厚冰和当年薄冰构成，前者经过长时间累积而成，后者在头年夏天解冻的无冰海水上形成。每年9月，夏季冰融使海冰面积降到年度最低水平。

1989年，北极冬季海冰面积略大于1400万平方千米。其中，多年厚冰终年都不融化，其面积大约为700万平方千米。如今，情形与以前大不相同。虽然2011～2012年冬季海冰面积接近1989年的水平，但是，2012年9月海冰面积大约只有其一半—不到350万平方千米，创夏季海冰面积新低。

根本原因

海冰消失　气候改变

每到冬天，冰就会覆盖北冰洋。每年夏天，部分海冰消失，海面露出。全球变暖使夏季海冰消失量增加，改变了海洋与大气之间的热交换，影响着美国和欧洲冬季天气（参见“变化过程”）。1979年，研究者开始采用卫星测量海冰，那一年，夏天海冰面积大约是700万平方千米。2007年以来，海冰消失量急剧增加；2012年9月16日，海冰面积创下新低，只剩340万平方千米（见下图）。



夏季北极海冰消失并非渐进或线性的。研究人员1979年开始采用卫星测量海冰面积，从那时到2000年，海冰面积减少并不是特别明显。2000 ~ 2006年，海冰面积减少速度加快。但是直到2007年，海冰面积减少才出现了令世界瞩目的显著变化。那一年，夏季最小海冰面积减少了约26%—从2006年9月的580万平方千米左右减少到2007年9月的430万平方千米左右。多年厚冰面积的减少程度前所未见，促使科学家重新评估他们对北冰洋出现首个无冰夏季的预测时间。根据2007年之前收集的数据，IPCC第四次评估报告预测，首个无冰夏季最可能出现在21世纪末。而根据现在大多数研究预测，首个无冰夏季可能会提早好几十年，即在2020 ~ 2040年期间就会出现。

最近几十年，全球变暖一直在影响北极地区，海冰变化是这种影响加剧后的结果之一。据观察，最近50年，北极地区平均气温上升了1.6℃以上，而世界其他地区的平均气温自20世纪初以来略有上升，大约只是北极地区的一半。气候快速变暖已经改变了北极的天气模式，大面积永久冻土因此融化。物理环境变化破坏了该地区野生动物的重要栖息地，也因此威胁到许多物种的长期生存。与此类似，北极地区原住民因为对该地区寒冷冰雪环境的适应而久负盛名，但他们的生活方式正面临重大干扰，他们的传统文化正遭到日益严峻的威胁。

虽然上述变化似乎与我们这些生活在极地之外的大多数人没什么关系，但生活在极地之外的人却不能避免北极放大效应和海冰消失带来的影响。中纬度地区的天气模式受到北极气候的影响，由此引出了一个关键问题：全球气候变暖是近期严冬天气爆发的原因吗？或者说，严冬天气爆发正好符合地球自然气候振荡的一般模式吗？

急流添乱

毫无疑问，20世纪60年代的人们就感受到了气候自然变化过程。20世纪60年代，我在美国华盛顿特区附近长大，在那里度过了10个异常严酷的冬天。冬天上学，我和伙伴们都要艰难地走过雪地。现在，科学家认识到，造成这种寒冷多雪的冬天气候的根源是两种自然气候振荡。如今，这两种自然气候称为北极涛动和北大西洋涛动，不过当时没有这样称呼。这两种气候振荡源于大气和海洋之间的相互作用，其效应在冬季最明显。

每种振荡的强度用异常程度的指数表示。所谓异常，是指在特定区域，冬季大气压力的分布偏离长期平均值的程度。受北极涛动影响的区域非常广，包括北半球大部分地区，即从北极一直向南到北纬20度（大致是古巴的纬度）的热带边界。北极涛动指数可以是正值，也可以是负值。正值表示北极气压低于平均气压，亚热带气压高于平均气压。在北极涛动指数呈正值的阶段，北极气压异常低，导致北极极涡不断加强。极涡是指北极附近的高层大气风场由东向西持续循环。加强的极涡往往会把寒冷的北极空气团留在北极圈里（参见《环球科学》2010年第2期《全球气候：变冷还是变暖？》）。

相反，在北极涛动指数呈负值的阶段，北极地区气压异常高，北极极涡减弱，因而不能限制寒冷的北极气团。故此，寒冷气团向南侵入中纬度地区，使寒冷天气爆发，降雪量增加。在北极涛动指数负值很大的阶段，北美东海岸和北欧地区特别容易受到这些事件的影响。

北大西洋涛动指数也表示某一区域大气压力在冬季的异常分布情况，但涉及的区域小得多。该区域涵盖亚速尔群岛附近的亚热带高气压中心与冰岛附近的副北极低气压中心之间的北半球大西洋部分。同北极涛动指数一样，北大西洋涛动指数可以是正值，也可以是负值。正值表示亚热带高气压中心附近的气压高于平均大气压，副北极低气压中心附

近的气压低于平均大气压。在北大西洋涛动指数正值条件下，气压差增大，西风增强，西风全年从西向东刮遍北半球中纬度地区。气压差还迫使高速环球气流—急流—沿东北路径从北美东海岸吹向北欧。穿越北大西洋的冬季风暴，沿着类似轨迹，为北欧带去更加湿润、温暖的天气。

与此相反，在北大西洋涛动指数负值条件下，气压差减小，西风减弱，急流离开北美，更加猛烈地向北吹去，到达格陵兰岛，再向南到达欧洲。然而在这种情况下，风暴路径偏离急流，跨越北大西洋，直接刮向南欧和地中海，为这些地区带去更加湿润、温暖的天气，却使北欧既寒冷又干燥。

北极涛动和北大西洋涛动是否应当被看作两种不同的气候自然变动模式，对此，气候科学家们存在不同看法。一些人认为，北大西洋涛动仅仅是北极涛动在北大西洋的表现；另一些人认为，这两种涛动的动力学差异很大，有充足理由把它们看成不同的模式。虽然这两个指数高度相关，但是它们的表现偶尔存在许多重大差异，2011年冬天的情况就是如此。

变化过程

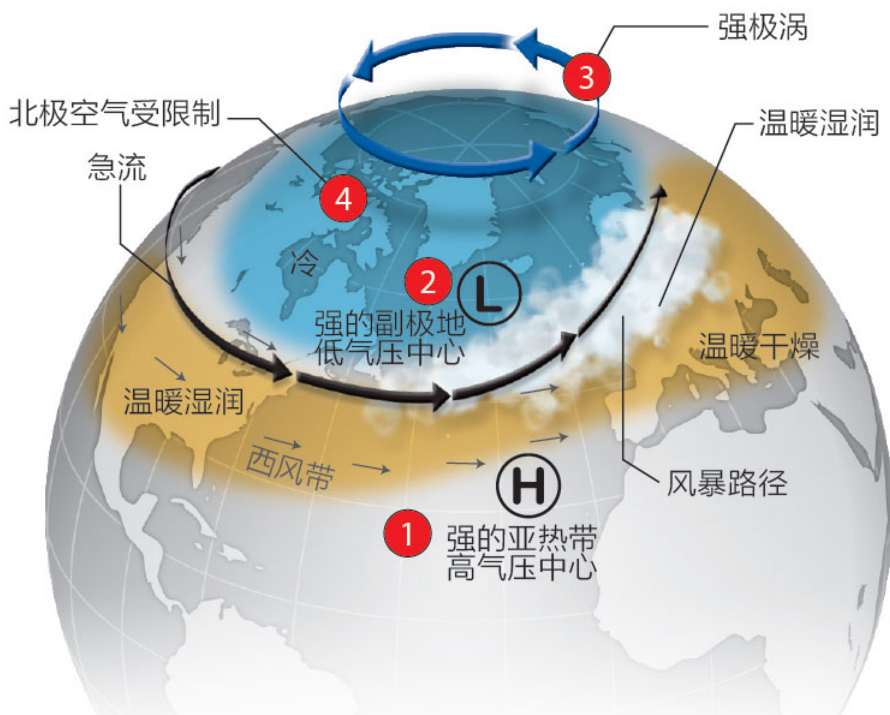
气候和天气的关系

北极涛动和北大西洋涛动这两种自然气候振荡现象能够强烈影响美国和欧洲的冬季天气。两者都有正、负状态，通常同步（见下图）。北极海冰夏季大面积消失改变了气候，会使北极涛动和北大西洋涛动容易出现负值情况，导致冬天更加寒冷。

北极涛动和北大西洋涛动呈正值时的特点是，亚热带（1）出现强大的大气高气压中心（H），副北极（2）出现强大的低气压中心（L）。北极涛动呈正值时的状态还与强大极涡（3）相关，强大极涡将北极的冷空气控制在北方（4），使南纬度区的暖空气向北远距离运动，进入美国和欧洲。具备了这些条件，急流和典型风暴沿着东北方向，横跨大西洋，把温暖、潮湿的空气送入北欧。

+ 正的北极涛动

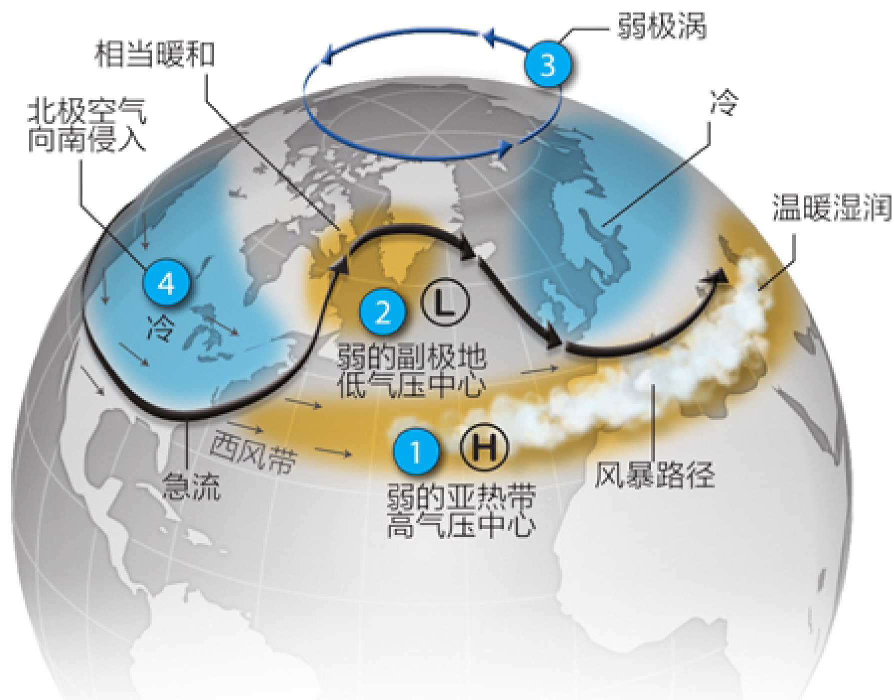
+ 正的北大西洋涛动



北极涛动和北大西洋涛动呈负值时的特点是，亚热带（1）和副北极（2）大气压力更弱。北极涛动呈负值时的状态还与极涡减弱（3）相关，极涡减弱使冷空气向南，进入美国全境和北欧（4）。具备了这些条件，急流沿着更曲折的路径，向南深入美国东部，到达格陵兰岛附近的大西洋，然后再侵入南欧。风暴往往沿更直接的向东路径，横跨大西洋，把水分带到南欧。


负的北极涛动


负的北大西洋涛动



严冬易现

人类社会排放的温室气体持续改变着地球气候系统，任何变化的发生都将影响地球系统的自然气候振荡。要想区分哪些气候变化是由人类引起的很困难，并且需要对假设进行检验。最近的研究提供了新的证据，巩固了如下假设：通过扰乱北极涛动和北大西洋涛动的正常节奏，全球变暖和北极海冰消失正在影响冬季天气。

回顾我的童年时期—20世纪60年代，我们发现北极涛动指数和北大西洋涛动指数均为负值占压倒性优势，导致美国东海岸和北欧冬天温度低于平均水平，雪量多于平均水平。致使这10年严冬天气的因素，除了北极涛动和北大西洋涛动自然变动以外，没有其他任何因素。相反，从20世纪70年代到90年代，北大西洋涛动指数为正值占压倒性优势，只是偶尔会有一个冬天的北大西洋涛动指数呈负值。由此引发的暖冬与广为人知的全球气候变化相吻合。因此，许多科学家推测，温室气体浓度不

断升高，可能就是大部分冬季北大西洋涛动指数始终呈正值的原因。IPCC利用模型预测，随着温室气体稳步增多，这一趋势将持续下去。然而在20世纪90年代末的冬天，北极涛动和北大西洋涛动指数一直呈正值的这种现象却突然终结。

虽然北大西洋涛动指数呈正值的冬季时期终结了，但这种变化并非意味着温室气体不断增多与北大西洋涛动指数之间的假设关系是错误的。当时人们没有预测到，20世纪90年代后期，在北极，全球变暖的放大效应开始加速。例如，海冰和冰盖融化使更多颜色更深的海面和地面暴露、减少了反射的太阳辐射，永久冻土层融化释放甲烷等，这些都是会造成全球变暖加速的正反馈。随着这一效应在北极圈发挥作用，气候状况进入另一个时期—美国国家海洋和大气管理局的吉姆·奥弗兰（Jim Overland）及其同事称之为北极暖期。这个时期的特点是北极海冰、格陵兰冰盖、永久冻土带和大陆冰川迅速消失。这些变化的中心环节是冰反照率反馈过程，也就是说，冰面融化，露出更暗的陆地或海洋表面，一个地区反射的阳光会随着冰面融化而减少。

科学家一直很关注冰反照率反馈。夏季海冰消失，更多海水暴露于阳光下。表面海水吸收太阳辐射，出现过热现象，形成两种重要反馈。首先，部分多余热量进一步加快海冰夏季融化；第二，秋季海洋逐渐向大气释放剩下的多余热量，使北极地区大气压力和水分含量升高，同时北极与中纬度地区之间的温差减小。

北极大气压力升高和温差降低，有利于在冬季形成北极涛动和北大西洋涛动指数呈负值的环境条件。这种情况导致极涡和急流减弱。弱化的极涡难以阻止北极的寒冷气团以及其中的水分进入中纬度地区，造成这些地区出现寒冷天气和雪暴。此外，急流减弱，在其运行途中会形成更大的大气波动。这些波动能滞留在某些地方，使这些地方长时间处在严寒中。综合起来，这些大气环流模式变化，往往可能使北美和欧洲出现更频繁、更持久的严冬。

然而，其他因素也可以为严冬的到来发挥作用。厄尔尼诺-南方涛动现象又是一种以太平洋为中心的强大气候振荡，它能够强烈影响美国大陆的冬季天气。在美国东部，急流在厄尔尼诺年向南转移，形成更冷、更严酷的冬季天气；在拉尼娜年，急流向北转移，在同一地区形成更温暖、更柔和的冬季天气。在厄尔尼诺年，加上北极涛动和北大西洋涛动指数呈负值的条件，使得美国东海岸更可能出现严酷寒冷的冬季，

2009～2010年就出现了这样的事情。在拉尼娜年，北极涛动指数和北大西洋涛动指数呈负值的条件还可以阻止温暖冬天的出现。这就是2010～2011年冬天的情况，当时纽约和费城的低温和创纪录的大雪令预报者大感意外—他们基于拉尼娜现象，预测会出现更温暖的天气。

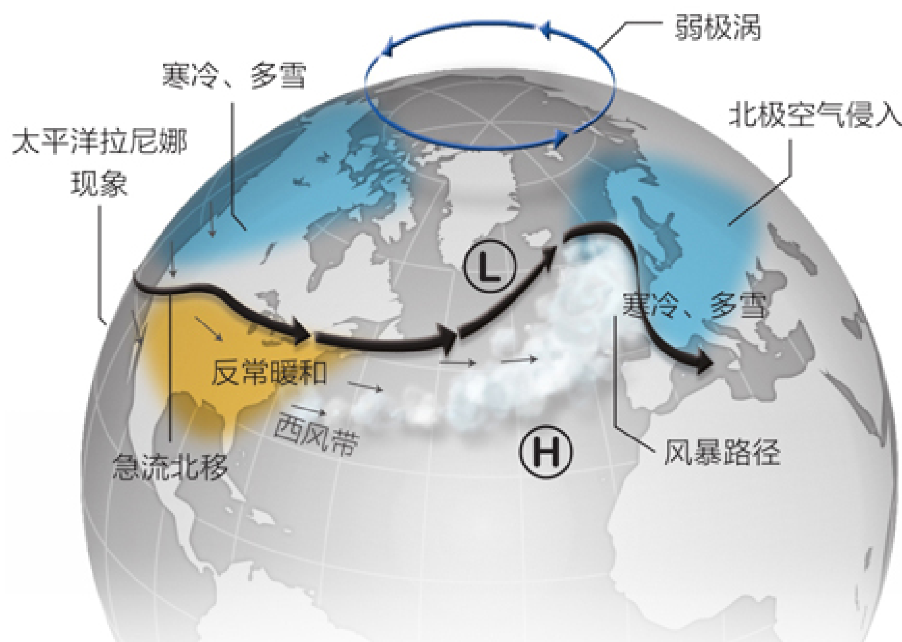
揭开谜底

2011～2012年冬天的情况

2012年，不寻常的大气条件导致美国和欧洲同时出现极端天气情况。北极涛动和北大西洋涛动都有正值和负值状态，通常都是同步的。2011年12月到2012年1月初，北极涛动和北大西洋涛动都是正值，而2012年1月中旬到2月初，北极涛动是负值。这些变化使北极空气侵入中欧和东欧，从而出现寒冷、多雪的天气。与此同时，北极涛动负值和太平洋拉尼娜现象同时作用，导致美国阿拉斯加出现异常寒冷、多雪的天气。拉尼娜现象还影响了急流进入美国北部的路径，使墨西哥湾暖和空气进入美国东部。

− 负的北极涛动

＋ 正的北大西洋涛动



如何出牌

虽然北极地区的变化会使严冬天气更频繁、更持久地爆发，但我们永远无法确定在未来的年份中，老天爷会打出什么样的牌。毕竟，天气预报总有某种程度的不确定性。

2011年底至2012年初的那个冬季就很好地体现了天气预报的难题。当时，美国国家气候数据中心预测，美国东部地区的天气会相当温和，原因是太平洋出现了拉尼娜现象。初冬，北极涛动指数和北大西洋涛动指数确实开始出现正值。但2012年1月中旬，北极涛动指数出现负值，并一直持续到2月初，而北大西洋涛动指数一直保持正值。中欧和东欧部分地区，以及美国阿拉斯加遭到致命严寒和雪灾的袭击，而美国东部天气却反常地暖和。在冬季中期，北极涛动指数呈负值的条件下，拉尼娜现象和较高气压导致北美急流转向更北区域，墨西哥湾暖流进入美国东部地区，该地区出现有记录以来第四暖和的冬天。急流更靠北的路径也给北大西洋和西欧带来了相对温和的天气。

2012年3月初，东太平洋出现强大、持久的大气高压系统，进一步放大了不寻常的天气状况，导致美国中西部和东部出现创纪录的高温。然而，虽然那里的暖冬持久反常，但是应当指出，北半球其他地区以异常寒冷的冬季和早春告终。事实上，美国国家气候数据中心的报告指出，2012年3月的全球平均气温是1999年以来的最低水平。

对于2012年底至2013年初的冬季，从老天爷的出牌来看，北美和欧洲爆发恶劣天气的可能性似乎非常大。2012年夏天，研究人员观察到，北极海冰消失创下新高，这应当会提高北极寒冷气团侵入中纬度地区的概率。虽然很难预测中纬度的哪个地区最容易受到影响，但是2012年秋天，太平洋出现的厄尔尼诺现象有助于急流运动轨迹向南转移，增加美国东部出现寒冷有害冬季的可能性。美国东海岸特别容易遭受该地区臭名昭著的东北雪暴的袭击，这些雪暴会带来严寒和厚厚的积雪。

虽然没有任何人能准确预言，我们是否将再次遭遇2009年底至2010年初的冬季那样异常恶劣的东北风暴，但从2012年夏秋两季的情况来看，美国2012年底的这个冬天是自2007年以来，与2009年天气最相似的一次—2009年，北极海冰消失发生了显著变化。

扩展阅读

Climate Drives Sea Change. Charles H. Greene and Andrew J. Pershing in Science, Vol. 315, pages 1084–1085; February 23, 2007.

The Recent Arctic Warm Period. J. E. Overland, M. Wang and S. Salo in Tellus, Vol. 60, No. 4, pages 589–597; 2008.

An Arctic Wild Card in the Weather. Charles H. Greene and Bruce C. Monger in Oceanography, Vol. 25, No. 2, pages 7–9; 2012.

Evidence Linking Arctic Amplification to Extreme Weather in Midlatitude. Jennifer A. Francis and Stephen J. Vavrus in Geophysical ResearchLetters, Vol. 39, Article No. L06801; March 17, 2012.



谁温暖了欧洲冬天

为什么欧洲大陆比地处同一纬度的其他大陆地区更暖和？是因为有一支源于热带海区并纵跨大西洋的暖水流使得欧洲大陆有了温和的冬天吗？也许并非如此。

撰文／斯蒂芬·赖泽（Stephen C. Riser）

苏珊·洛齐尔（M. Susan Lozier）

翻译／韦骏　杨丽红



精彩速览

三份新的气候研究成果显示，关于墨西哥湾流在调和欧洲大陆冬季气温中所起的作用，人们长期秉承的看法可能是不正确的。然而，这三份研究报告的观点也互不一致。

其中的两份研究报告强调大气中盛行风方向所起的关键作用，而另一份报告则聚焦在海洋释放的热量上。

许多气候模型表明，北极冰川的大量融化并不会像人们以前认为的那样会导致墨西哥湾流中断。

如今，一个由超过3000个海洋浮标传感器组成的全球观测阵列（简称Argo计划），可以从深至2000米的海洋中获得接近实时的温度和盐度图。相信在未来10年内，海洋对欧洲大陆以及其他地方气候的影响机制会变得更加清晰。

斯蒂芬·赖泽是华盛顿大学海洋学教授，他也是美国Argo联盟和国际Argo科学组的长期成员。



苏珊·洛齐尔是杜克大学尼古拉斯环境与地球科学学院的物理海洋学教授，大西洋经向翻转环流科学小组的成员。



一个世纪以来，老师一直这样教学生：海洋里有一支强劲的洋流叫墨西哥湾流，它将热带大西洋的温暖水流带到欧洲西北部。于是，被下方暖水加热的空气向欧洲内陆移动，使得欧洲大陆的冬天比大洋彼岸的美国东北部要温暖得多。

这个看上去简洁明了的故事可能该“退休”了。随着各界对全球气候研究的兴趣激增，科学家开始更深入地去探讨气候对墨西哥湾流的影响，并发现墨西哥湾流对欧洲大陆的影响机制其实并非如传统理论所表述的那样清楚。基于计算机模拟和海洋资料分析，科学家重新解释了欧洲北部的冬天通常比同纬度的美国和加拿大北部温和的原因，而墨西哥湾流所起的作用也与传统理论所描述的不同。其中一种理论还能够解释，为什么美国西北部比太平洋彼岸的俄罗斯东部暖和。

与此同时，最近的研究还对几年前一个非常流行的著名的假设提出了质疑。这个假设认为，北极冰川融化会让墨西哥湾流中断，从而导致欧洲大陆气候极度恶化。但这些研究也提示，气候变化可能会对墨西哥湾流产生影响，这也可能减小全球变暖对欧洲的冲击。

几个有争议的理论

地球上不同地区的气候差异主要是因为地球是一个球体。由于在低纬度地区，阳光更接近于直射地球表面，因此低纬度地区在单位面积上获得的热量比高纬度高。这种受热程度的不同产生了大气中的盛行风，盛行风的不稳定又可以将热量从热带到极地进行再分配。再者，覆盖地球表面70%的海洋也对热量的再分配起到了主要作用。海洋表层2米的水体所储存的热量，超过了整个海洋上空全部大气所含的热量。这是因为，1立方米的水的比热（用于表征储存热容量的属性）是相同体积的空气的4000倍（也是同体积土壤的4倍）。在中纬度地区，海洋表层100～200米的水温在一年中的变幅可以达到10℃，相对于大气或者陆地来说，海洋有能力储存和释放更多的热量。另外，洋流（例如墨西哥湾流）携带着海水绕地球运动，夏天海水从一个地方获得热量，然后又在几千千米之外将热量释放到大气中。

基于洋流运动和海水储存热量的能力，人们很容易得出这样的一个假设，处于北纬50度的爱尔兰的冬天的气温比处于大西洋彼岸同纬度的纽芬兰高20℃，这可能是洋流造成的。同样地，处于北纬50度的东太平洋（靠近加拿大温哥华）的气温比同纬度的俄罗斯堪察加半岛南端要高大约20℃。

19世纪的地理学与海洋学家马修·方丹·莫里（Matthew Fontaine Maury）首次将欧洲相对温和的气候归因于墨西哥湾流。这支强劲的洋流沿着美国东南海岸线向北运动，同时带来了热带和副热带的暖水。在和美国北卡罗来纳州的哈特勒斯角大约同一纬度的位置，墨西哥湾流转向东北方向，离开海岸线进入大西洋。莫里于是推测，墨西哥湾流为它上空的西风提供了热量，温暖的西风跨过大西洋向欧洲西北部运动。而且他进一步猜测，如果墨西哥湾流由于某种原因被削弱了，那么冬天的西风将会变得很冷，而欧洲也会经历像北极一样的寒冬。多年以来，莫里的观点几乎变成了一个真理。但直到现在，这个理论仍然没有被广泛验证。

然而就在10多年前，哥伦比亚大学拉蒙特－多尔蒂地球观测站的理查德·西格（Richard Seager）及其同事，对欧洲暖冬提出了一个与墨西哥湾流完全无关的解释。西格的模拟结果表明，由于大气中的急流（围绕地球的强而窄的高速气流带，集中在对流层顶或平流层）由西向东围绕地球运动，所以当它碰到洛基山脉时会南北摆动。这样的摆动使得急流由西北方向吹过大西洋海盆的西部，然后再由西南方向吹过大西洋海

盆的东部。这样，西北风将大陆寒冷气流带到美国东北部，而西南风将海洋暖气流带到欧洲西北部。

在这个观点里，温暖了欧洲冬季的热量并非来自墨西哥湾流，而是夏季储存在欧洲大陆外海上层100米海水中的热量。在冬天，西南风搅动海洋表层水时，这部分热量就释放到大气中。在此模拟场景中，莫里的经典假设是错误的：大尺度的气流被山脉中脊改变了方向，加上欧洲附近局部海洋中储存的热量，造成了大西洋东西部温度的差异（见“不同的理论”）。

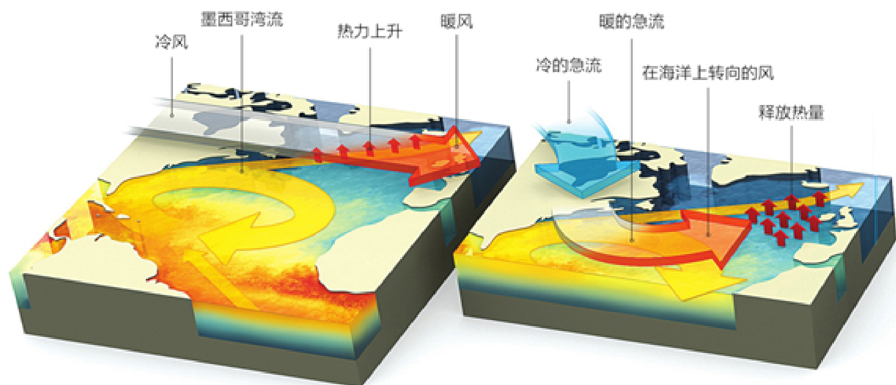
不同的理论

为什么欧洲大陆的冬天比较暖和？

一个100年以前的理论认为，墨西哥湾流的暖水使得欧洲大陆的冬天比大西洋彼岸的北美大陆暖和，尽管两者处于相同纬度。但是与其竞争的新观点则强调了大气急流（盛行风）和北极冷空气的作用。

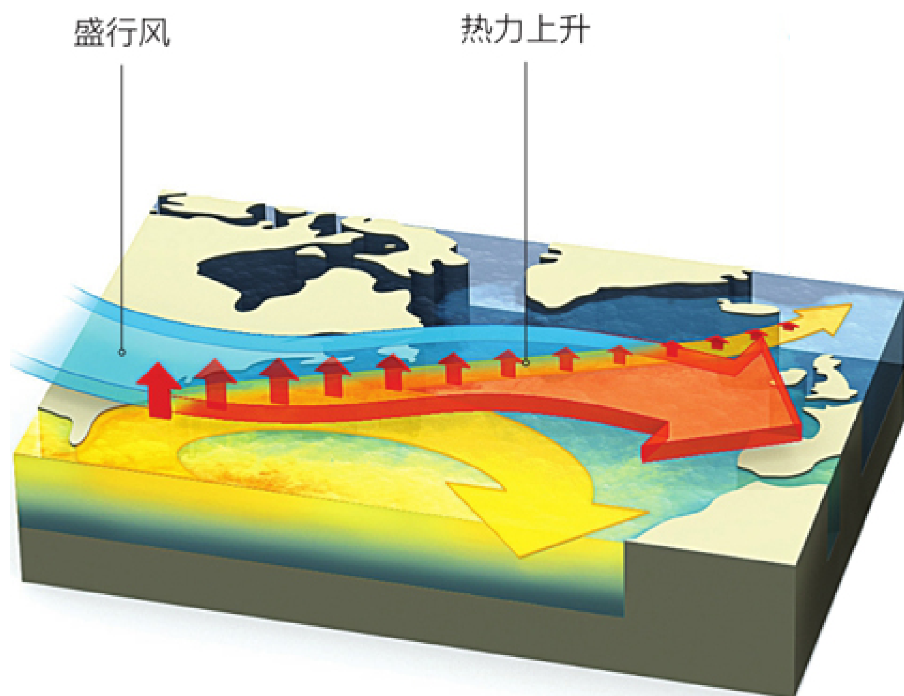
新理论1：急流

一支摆动的急流从西南方向吹向欧洲大陆。强风直接扫过海洋温暖的表面，将夏天储存在海洋中的热量释放出来。



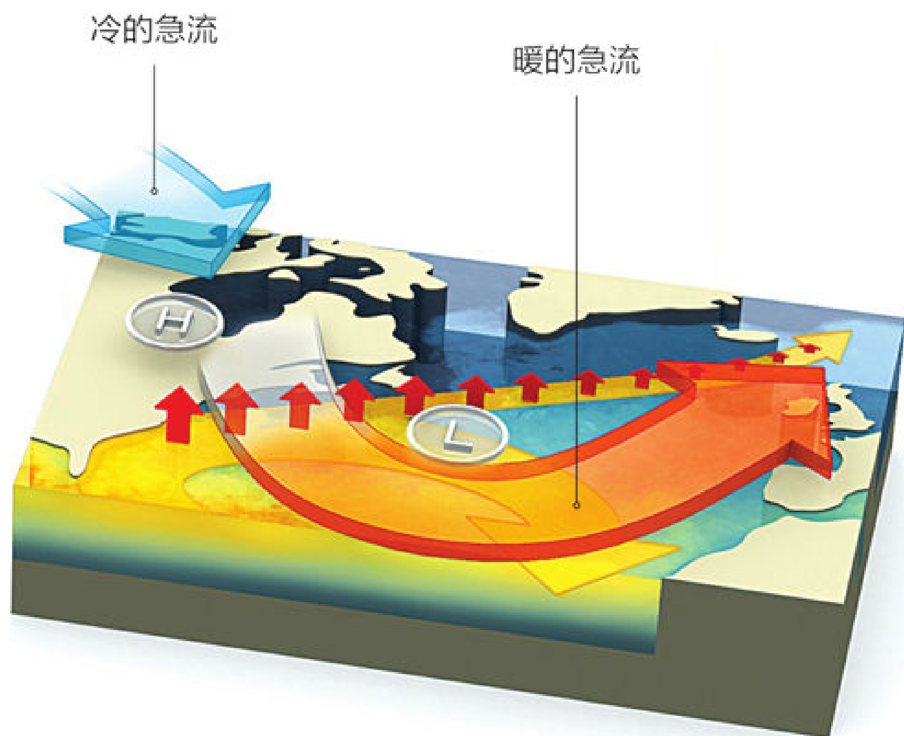
新理论2：被加热的风

墨西哥湾流沿着它横跨大西洋的路径向大气释放出热量，急流带着这些热量向东运动，从而温暖了欧洲大陆。



新理论3：压力系统

从墨西哥湾流释放出来的热量产生稳定的大气高压和低压系统。这个压力系统将暖和的盛行风带到欧洲大陆，同时也将寒冷的盛行风从北极抽吸过来，使北美大陆变冷，从而增加了两个大陆之间的温度差。



不准确的经典理论：

墨西哥湾流将热带暖水带到美国东南部，然后跨过大西洋来到欧洲大陆。根据这个理论，当暖水到达欧洲大陆附近时，会加热海水上方的空气。此后，风将这部分暖空气带往欧洲大陆。

这里有很重要的一点需要注意：西格的模型并没有明确地考虑到海洋对热量的传输问题。这一点于西格的研究发表后不久，由华盛顿大学的彼得·莱茵斯（Peter Rhines）和美国国家航空航天局戈达德空间飞行中心的西尔帕·海基宁（Sirpa Häkkinen）合作发表的论文对此进行了详述。他们对西格的研究做出了反驳，并对莫里的经典理论给予了现代学说的支持。这两位海洋学家在仔细分析了档案库里的海表温度资料之后提出：储存在欧洲北部纬度区域的、来自东部大西洋上层海水中的热量，仅够维持当地12月中一个月的温暖气温（以平均情况来说），而保持冬天剩下几个月温暖所需的额外热量必须由其他来源弥补。而最有可能的来源就是：向东北方向运动的墨西哥湾流。

观测资料显示，在北纬35度（靠近美国北卡罗来纳州的纬度），北大西洋会向北运输大约0.8拍瓦（1拍瓦＝10^{15}瓦）的热量，这些热量大部分来自墨西哥湾流。然而在北纬55度，这一海区向极地的运输热量则

小到可以忽略。那么，这些热量去哪里了呢？莱茵斯与海基宁表示，热量沿着墨西哥湾流的路径从海洋释放到了大气，然后被盛行风带往东边，温暖了欧洲的气候。莱茵斯与海基宁实质上是在为莫里的墨西哥湾流假说辩护，而西格则反对莫里的假说，并强调了大气急流的作用。

2011年，以色列魏茨曼科学研究所的约哈伊·卡斯皮（Yohai Kaspi）和美国加州理工学院的塔皮奥·施奈德（Tapio Schneider），基于设计新颖的大气与海洋数值模拟实验提出了第三种观点。他们对西格和莱茵斯的模拟场景分别提出了一个可信度参数，但主要是针对大气压力场。卡斯皮和施奈德的模型模拟结果表明，沿着墨西哥湾流离开美国东海岸的路径，海洋向大气释放的热量会在东边，即大西洋靠近欧洲大陆的一侧，产生一个稳定的大气低压系统。同时，这些热量还会在西边（北美大陆的东侧）产生一个稳定的高压系统。由于某些复杂的原因，两个系统的共同作用使得稳定的低压系统通过急流的西南暖风，将墨西哥湾流在整个冬季释放出来的热量输送到欧洲西部；稳定的高压系统从北极带来冷空气，使北美东部降温，从而也增加了北美与欧洲之间的温度差异。

这样，造成大西洋两端气候差异的原因不仅使欧洲西部变暖了，而且还使北美变冷了。也就是说，由墨西哥湾流区域损失的海洋热量形成的大气环流形态，使得上述两个地区拥有了它们各自的温度特征。

然而，仅依靠大西洋的中纬度区域在夏季获得的热量，并不足以维持由墨西哥湾流释放热量所形成的大气环流系统。因此，由墨西哥湾流从低纬度带来的另一部分热量也是必需的。从这个意义上说，卡斯皮和施奈德也部分证实了莫里早期的观点。尽管这个大气低压－高压系统的形成与洛基山脉对急流的影响无关，但这项新工作仍确实突出了西南风在给欧洲带来温暖冬季这一问题上的重要性。

有意思的是，卡斯皮和施奈德的模型也解释了为什么美国俄勒冈州西部、华盛顿州和加拿大不列颠哥伦比亚省的冬天比俄罗斯堪察加半岛的冬天要温和。而且，类似的跨太平洋的气候差异还从未归因于黑潮（太平洋中类似于墨西哥湾流的暖流，又称日本暖流）的存在。这主要是因为太平洋是一个更大的海洋，且黑潮比墨西哥湾流要弱很多。然而，卡斯皮和施奈德的模拟结果表明，通过黑潮损失的热量也可以产生一个稳定大气压力系统，就像墨西哥湾流在大西洋中产生的那种一样。这个系统将极地的冷空气通过西北风带到亚洲西北部，通过西南风将暖

空气带到美国北部的太平洋沿岸。

墨西哥湾流的中断

尽管对于模型正确性的讨论还众说纷纭，但似乎卡斯皮和施奈德模拟的场景更受欢迎一些。莫里假说的第二部分内容，即墨西哥湾流如果中断将会导致欧洲西北部出现恶劣的寒冬，最近引起了人们的强烈兴趣。很多年以来，墨西哥湾流在气候变化中的作用被归结为这样一个问题：如果气候变暖导致北极冰川融化，那么从北大西洋进入海洋的过多淡水会不会减弱大西洋的翻转流，从而中断墨西哥湾流，阻断欧洲西北部重要的热量来源？

在北大西洋，表层温暖的海水向北极流动。这些海水释放出热量后，在高纬度的加拿大拉布拉多半岛和挪威附近海域下沉，下沉到一定深度后，以北大西洋深层水的形式向赤道回流，并逐渐被加热。而被加热后的海水密度减小，再次上翻到海洋表层，这样就形成了一个类似上下传送带一样的闭合环流。在北大西洋下沉的冷水会由在全球其他海区上升到海洋表面的暖水所补充。

在许多气候变暖的模拟场景里，北极冰川融化会给高纬度的海区注入大量淡水。但淡水盐度比海水低（密度小），因而不会下沉，下沉运动受阻碍就使得大西洋翻转流中的底层流得不到补充。在这种情况下，因为没有相应的下降流来补充，所以就没有任何物理过程可以使底层暖水在其他地区上升。这样的后果就是，由于没有新的暖水上升到海洋表面，那么由此形成的向北运动的洋流，即墨西哥湾流，可能就会被削弱。而在另一种相似的模拟场景里，在高纬度注入的淡水会使墨西哥湾流路径向南偏移，或者减弱其强度。不论哪一种情况，发生减弱的或偏移的墨西哥湾流都会导致欧洲在冬季得到的热量减少。许多模型结果也都明确预测了大西洋翻转流的减弱，与随后北大西洋和欧洲西北部的降温存在相关性。

然而最近，准确度更高的海洋模型研究却表明，北极融化的淡水主要流入了靠近海岸线的沿岸洋流中，因此对大洋没有显著的影响，而海水下沉主要发生在大洋区。因此，即使淡水极大地影响了北大西洋海区中下沉海水的总量，这些影响也几乎不能有效地中断墨西哥湾流。而要完全停止墨西哥湾流更是不可能的，因为其路径和强度主要由大规模中

纬度风的风速和方向决定。在大多数的气候变化模拟场景中，大尺度风场的总体方向是不会因为北极冰川融化而显著改变的，因此墨西哥湾流的平均路径和强度也不会改变太大。然而，墨西哥湾流在东北方向的延伸区（一个将上层暖水带入副极地海域的、相对较弱的湾流分支）却有可能被中断。这样，相当充分的证据表明：墨西哥湾流会一直持续下去。但是，在不同气候模拟场景中，墨西哥湾流究竟会向北输送多少水量，仍然没有明确的答案。

更多数据和更高分辨率

目前，对于气候变化如何影响欧洲大陆天气，研究者主要从计算机模拟实验中找答案。而模拟实验仍然包含了大量的不确定性，只有通过更大量的海洋数据才能消除这些不确定性。然而，目前很少有一个世纪之前的大洋观测资料，而我们可以获得的卫星资料也只是大概过去30年的。

最近，在利用Argo计划改进海洋资料数据库方面，科学家取得了巨大的进展。这是一个正在进行中的全球资料搜集计划，可以从分布在全球的3000多个浮标传感器上收集海洋温度和盐度资料。Argo的浮标阵列由全球30多个国家操作和部署。这些浮标阵列可以让科学家取得全球海洋上层2000米的、接近实时的温度和盐度图。近10年里，完备的浮标阵列已经部署到位，科学家开始利用这些设备验证大气变化和大尺度海洋变化之间的联系。

例如，通过比较Argo计划的数据和美国斯克里普斯海洋研究所迪安·罗米奇（Dean Roemmich）和约翰·吉尔森（John Gilson）在20世纪80年代取得的海洋观测资料，我们可以发现，上层几百米的海水在过去20年里升温了大约0.2℃，上层海洋的盐度也增加了0.1%，而在几百米之下的海水中，盐度和过去20年相比却明显降低了。这些变化是否足以改变欧洲大陆或者其他地方的气候仍是一个有待回答的问题，但至少从Argo计划中获得的数据可以为我们提供一些线索。如果地球既不会变冷也不会变热，那么来自太阳的热量输入必须等于地球向太空辐射的热量。很明显，大气中累积的温室气体打破了这个平衡。在上层海洋观测到的0.2℃的升温，就是地球获得的太阳辐射与向外辐射的热量的差值（大约每平方米1瓦特）。

改进后的海洋观测网取得的初步结果，为气候理论和模型研究提供了一个强有力的支持。资料分析的结果还为预测未来几十年可能发生的变化提供了线索。在未来10年中，当科学家通力合作，深入研究卫星海表资料、计算机模型，以及从Argo计划取得的更长时间的次表层海洋资料时，他们或许就能够在一种新的精度上去评估海洋在气候变化中所扮演的角色。

到那时候，我们也许才可以最终确定，在我们这样一个充满海水的星球上，墨西哥湾流是如何影响气候变化的。

扩展阅读

Is the Gulf Stream Responsible for Europe's Mild Winters? R. Seageret al. in Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 128, No. 586, pages 2563–2586; October 2002.

The 2004–2008 Mean and Annual Cycle of Temperature, Salinity, and Steric Height in the Global Ocean from the Argo Program. Dean Roemmich and John Gilson in Progress in Oceanography, Vol. 82, No. 2, pages 81–100; August 2009.

Winter Cold of Eastern Continental Boundaries Induced by Warm Ocean Waters. Yohai Kaspi and Tapio Schneider in Nature, Vol. 471, pages 621–624; March 31, 2011.



二氧化碳换能源

处理二氧化碳的问题，被很多国家、企业视为负担，因为这样做要投入高昂的成本。可是，如果有一种方法，在处理二氧化碳的同时还可以产生大量可用的能源呢？

撰文／史蒂文·布赖恩特（Steven L. Bryant）

翻译／谢丛姣



精彩速览

很多国家并没有回收二氧化碳，因为将二氧化碳储存在地下是一项耗资巨大的工程。

科学家发明了一个连环系统：首先将盐水从地层深部开采出来，然后将二氧化碳溶解在盐水中，再注入到地层。在这一过程中，可以同时获得地热能和甲烷，因此这个封闭循环系统让二氧化碳的封存变得经济可行。

将溶解二氧化碳的盐水注入到地层中，能永久封存二氧化碳。研究表明，美国墨西哥湾沿岸含有足够的深层盐水，每年能封存美国二氧化

碳排放总量的1/6，同时这个处理过程中产生的天然气，每年也能满足美国天然气需求的1/6。

据称，马克·吐温曾经说过："每个人都在抱怨天气不好，却没有人为此做些什么。"如果马克·吐温还在世，那他可能会说："每个人都在谈论气候变化，却没有人真正采取行动来遏制气候变化。"其中最大的原因是经济问题。二氧化碳是导致气候变化的直接因素，而要减少大气层中的二氧化碳含量，则需要人们付出高昂的代价，如转而使用其他能源来代替当今的主要能源—石油和煤炭，或者采用成本高昂的技术，捕集由各种企业排放的二氧化碳，把它们封存起来，保存几百年。



史蒂文·布赖恩特是美国得克萨斯大学奥斯汀分校石油工程和地质工程系教授，也是该校地下能源安全前沿中心主任，并负责了一项由能源公司资助的研究项目。这个项目和他领导的能源安全前沿中心都致力于二氧化碳的地质封存研究。



让我们来想象一下，如果有一种技术，既能产生大量的能量，又可明显减少温室气体的排放，而且还与现有的工业基础设施非常匹配，它会带来怎样的影响？这种假设将在美国的墨西哥湾成为现实。那里有特殊的地质条件，可以把大量的二氧化碳封存在地面几千米之下的热盐水层中；而这个封存过程，能够产生大量的甲烷和可用热能。如果分开来看，封存二氧化碳、开采甲烷、利用地热的成本都不低，经济上都不划算。然而，最新的计算结果表明，如果将这三个方面统筹考虑，形成一个连环系统，那么这种方法在很多地方都能取得成功。

封存二氧化碳

说到甲烷，它可是近年来发现的导致气候变化的重要因素。它能从天然气管道及以水力压裂方式开采页岩气的气井中泄漏出来。在使全球变暖这方面，甲烷的能力是二氧化碳的20倍。既然这样，为什么反而说上述技术会产生甲烷是一件好事呢？

要理解其中的逻辑关系，你先得了解一下二氧化碳是如何捕集和埋藏的—这一过程被称为隔离（sequestration）。在隔离二氧化碳的过程中，我们会遇到一些困难。正是这些困难，让我和同事提出了上述看似很诡异的连环系统。

我们捕集和封存的目标，是化石燃料发电厂排放的废气中的二氧化

碳分子，目的是把它们封存起来，不让它们进入大气层。封存听起来很简单，但在实际操作中，能够封存巨量二氧化碳的地方只能是地下。科学家已经确定，从理论上来讲，在地面之下几千米以内的沉积岩中存在孔隙，这些孔隙能封存达几个世纪的二氧化碳排放量。

以美国为例，如果封存15%的二氧化碳排放量，每年就能处理10亿吨的二氧化碳。目前，全球的能源行业每年从沉积岩中开采40亿吨原油和20亿吨天然气。这样的开采规模意味着，将10亿吨压缩的二氧化碳注入地壳是可行的，只是得付出巨大的努力。当然，在同样的规模上，其他方面的一些改变，如提高能源效率和使用非化石燃料，也能从源头上减少二氧化碳的排放。

下一步要做的事似乎很明显：使用已经相对成熟的石油和天然气开采技术来实现二氧化碳封存，并且马上开始实施。遗憾的是，这项战略存在一个根本缺陷。随着时间的推移，二氧化碳会通过岩石的裂缝和孔隙逃逸到地表，最终扩散到大气层，除非它遇到“密封层”—一个岩石层，它的孔隙非常小，以至于气体不能从中通过。

石油工业离不开油气的这种自然上升过程。地下储层内的石油和天然气从很深的岩层中，沿着各种孔道到达地表。在这个长期的、缓慢向上涌出的过程中，一些流体被“困”在某些地方，但更多流体依然保持着流动，直到到达地表。在石油工业早期，大多数勘探者都是在他们发现有油气逸出的地方钻井。

不少科学家都研究过二氧化碳在地下的上升过程，得到的结果基本相似：很多地质结构都能阻止二氧化碳向地面逃逸，但也有一些孔隙，允许二氧化碳向上扩散。尽管如此，工程师还是可以利用二氧化碳的一种奇怪性质来完成封存。对于大多数液体来说，当有气体在里面溶解时，密度会下降。但当二氧化碳溶解在水中时，液体的密度却会增加。地下大多数水溶液是盐水，当二氧化碳溶解在含盐的流体中时，盐水的密度也会变大。这样，二氧化碳向上扩散的问题就解决了。以这种形式封存的二氧化碳会下沉到溶液底部，远离地表，同时也增加了二氧化碳封存的安全性。

隐藏的能源

这种方法的难点在于，在通常的温度和压力下，二氧化碳需要花很

长时间才能溶解在地下盐水中。因此，我和我的研究生马克·伯顿（Mac Burton）提出了一个大胆的想法：钻一口到达盐水层的井，将盐水从地层中取出，加压，再注入二氧化碳（在混合容器中，二氧化碳很快就会溶解在盐水中），最后将溶解了二氧化碳的盐水注回地下。

显然，这项计划需要消耗很多能量。而且，盐水能带走的二氧化碳相对来说还是很少，因此必须抽取大量的盐水。这两个问题中的任何一个都可能使这个计划流产。

第二个问题解决起来似乎并不困难。例如，石油公司通常会按一定的密度，在油藏区域内钻井，然后通过注水井，将水或者盐水注入地下，迫使石油从生产井中涌出。目前，石油公司每年会向地下储层注入大约100亿吨盐水，这些盐水大多数源于地下储层本身。因此，对于二氧化碳封存来说，可以直接使用石油公司抽取的地下盐水，数量足够了—从一些油井抽出盐水，溶解了二氧化碳之后，再从另一些油井注回地下储层。

封存二氧化碳还存在另一个挑战—从钻井所需的成本，以及运行中消耗的能量来看，似乎很不划算。石油企业不会自愿去储存和回收二氧化碳，因为排放二氧化碳不需要付出任何代价。如果从经济利益的角度考虑，石油工业界根本没有必要隔离二氧化碳。所以，为了保护地球，让化石燃料使用者承担所有相关成本（包括对环境的改变）的政策主张，至今没能说服任何人为此付出代价。初看上去，将二氧化碳封存到盐水中的成本，似乎是个难以解决的问题。

不过在不久前，一个诞生于得克萨斯大学奥斯汀分校一间办公室的想法，或许能够解决这个难题。加里·波普（Gary Pope）是一位石油工程专家，他的主要研究工作，就是想办法将石油从地下"驱赶"出来。他意识到，或许可以对一种隐藏的能源加以利用。

和世界其他产油区一样，美国墨西哥湾地下深处的盐碱含水层中，含有丰富的溶解性甲烷。甲烷是天然气的主要成分，可以就地传送给当地发电厂发电，或者通过发达的天然气管网输送到其他地区。当盐水到达地面时，我们可以将甲烷提取出来，再将二氧化碳在其中溶解。即使在天然气价格普遍较低的情况下，从甲烷和地热中获得的收益也会超过隔离二氧化碳所需的成本。至于实施这一系列计划的成本最终是否会转移到当地的纳税者头上（纳税者通常都支持修建发电厂），则取决于当地的法规。

下一个要解决的问题是，这个计划本身能否成功。我和波普随即安排研究生礼萨·甘基达内什（Reza Ganjdanesh）去寻找答案。

大自然的力量对我们很有帮助。与常规的钻孔相比，当盐水从生产井中采出，随着压力的下降，甲烷就会释放出来。溶解在盐水中的二氧化碳会将更多甲烷排驱出来。此外，在美国得克萨斯州和路易斯安那海岸线，许多含水层在地下的深度都超过3000米，而且处于高压之下，因此只需要极少的能量，就能让盐水来到地表。

这些含水层里的盐水还具有很高的温度，是很好的地热资源。甘基达内什经计算发现，这几个过程形成连环系统之后，也就是将二氧化碳注入盐水后，获得的甲烷和地热的能量，已经超过了运营这一项目所需的能量。从经济角度考虑，即使在不用为碳排放付出任何代价的地区，可以产出净能量的二氧化碳封存技术也具有十足的吸引力。

“能源金字塔”

这种技术，甚至可以看作一种开采新能源的方法。“容易开采的石油已经没有了。”这是化石燃料工业界常说的一句话。同样，容易开采的天然气也快没有了。在这几十年内，那些最容易开采、含油含气量最多的地方，都已经布满了油井和气井。当这些地方开采完之后，能源企业就朝着“能源金字塔”的下端移动，开采那些不大容易开采的石油和天然气。在过去三五年里，美国石油和天然气产量的增加，主要来自水力压裂技术对深层页岩的开采。从这些岩石中开采任何东西都是缓慢和困难的，而且这种储层的石油和天然气并不是那么集中，但用压裂技术开采页岩气是向“能源金字塔”下方移动的合理步骤。我们走向这一步是必然的，因为能源需求持续上升，而且过去那种简单的石油供给方式正在消失。

不过，“能源金字塔”也有引人瞩目的一面。能源开采越发困难，但能源总量却很可观。因此，尽管与常规的气井相比，页岩气井开采效率很低，但封存在页岩层内大量的天然气会让能源公司争前恐后。

在“能源金字塔”中，页岩气之下，就是溶解在地下盐水层中的甲烷。在盐水中，甲烷的浓度仅相当于页岩气的1/5，但甲烷总量还是很惊人的。据估计，仅在美国墨西哥湾沿岸，地下盐水层就储存了几千万亿，甚至几万万亿立方英尺（1立方英尺＝0.028317立方米）的甲烷。

而在过去10年中，美国每年消耗的天然气为20～25万亿立方英尺。

如此大的储存量曾让美国能源部垂涎三尺，以至于在20世纪七八十年代出资开钻实验井，将盐水抽取到地面。可惜就成本而言，从盐水中提取的甲烷并不具备竞争力。

尽管到了今天，盐水甲烷仍然没有足够的竞争力，但抽取盐水的副产物—地热能，却会改变这个情况。可以说，以人类历史的长度来衡量，地球可以无限期地产生热能。就像其他地下能源一样，开采地热能所需的也是注入井和生产井—这些都是成熟的技术。目前，地热能的开采没有取得进展的原因主要是，与石油或天然气比起来，地热能的能量密度太低了：相同体积下，地下盐水携带的热能，要比煤、石油或天然气燃烧产生的能量低两个数量级。

得出这个悲观的结果，是因为人们考虑的方向是发电。但是，根据美国能源部资助的一项地热能二次评估报告，美国大约10%的能源消耗是用来加热和冷却建筑物内的空气，以及为家庭供应热水。用温度高达2200℃的火焰来为水加热，比如民用燃气热水器的加热方式，简直是大材小用。在不需要太高温度的情况下，比如供暖和供应热水，能量密度较低的地热能完全可以胜任。在欧洲，从很多年前开始，一些家庭就开始用地热泵来供暖和供应热水了。

闭环系统

无论是将二氧化碳封存于地下，或是从盐水中提取甲烷，还是从盐水中获取地热能量，从单方面考虑，在经济上都不可行。但若将三者组合到一个系统内，看起来则像一个三条腿的凳子：它们互相支持。然而，最终的问题是，这个系统能否隔离足够的二氧化碳，进而能够在很大程度上完成减排任务。

工作原理

注入二氧化碳，产出能源

将二氧化碳存储在地下，能够控制全球气候变暖。但迄今为止，这个过程耗资巨大。一个新的方案能够将二氧化碳注入地下盐水，同时可从盐水中提取甲烷和地热能。后两者可用于商业发电和供暖，这项收益

可以抵消封存二氧化碳的成本。另外，甲烷还可以为这个系统本身供能；发电厂捕集二氧化碳时，也可以用甲烷供能。



最近，我们对墨西哥湾做了一些评估。这片区域有很多化石燃料发电厂和其他产生大量二氧化碳的工厂。为了最大程度地减少碳排放，可以将其他地区的二氧化碳输送过来。建造二氧化碳输送管道的成本很

高，但运营成本却很低，因此还是可以接受的。例如20世纪80年代，在美国得克萨斯州二叠纪盆地附近，石油公司建造了跨越4个州、总长超过3400千米的管道，将地下储层内的二氧化碳输送到油田，用来提高石油的采收率。在墨西哥湾沿岸，地下有巨大的盐水储层，当地也有大量天然气管道可以通往其他地区。另外，该地区人口众多，可以消费大量的地热资源。

每年封存10亿吨二氧化碳，这是目前美国排放量的1/6，即每天需要注入和抽取4亿桶盐水。这是很惊人的数字，但利用10万口注入井和抽取井，还是能够达成目标的（可供参考的案例是，得克萨斯州曾为开采石油和天然气钻了100万口井）。钻这么多口井，可能需要花费数十年时间。但对于其他任何技术来说，要想每年减少10亿吨的二氧化碳排放量，也要这样长的时间才可能实现。举个例子，现在美国由燃煤发电厂输出的电量约为20万兆瓦，如果全部改由核电厂发电，那么美国每年的碳排放量即可减少10亿吨。但要实现这个目标，需要建造大约200个大型反应堆，同样需耗时数十年。

这个连环式的二氧化碳封存方案附带产生的能源效益，也足以支撑整个系统。每年封存10亿吨二氧化碳，将会产出约4万亿立方英尺的天然气，为美国目前消耗量的1/6。2012年，美国开采了约9万亿立方英尺的页岩气，价值250亿美元。

地热能的产出量同样可观。如果利用地热来供暖和供应热水，那么我们从地热中获得的能量，就相当于甲烷提供的热量：大约20万兆瓦。目前尚不清楚墨西哥湾沿岸对地热是否有如此大的需求，不过这里有很多石化工厂，也会建造很多碳回收工厂，这些工厂将会消耗掉很大一部分地热能。另外，如果地热能以10%的效率转换为电能（当前水平的转换率），那么将会产生2万兆瓦的电能，这也是相当可观的，目前美国的风能装机容量为5万兆瓦。

我们这套系统的产出似乎颇为可观，足以支撑大规模的二氧化碳封存任务。从体积来算，封存二氧化碳也不是难题。每年封存10亿吨的二氧化碳，一个世纪就可以隔离1000亿吨。同时，还能产出380万亿立方英尺的甲烷—据估计，这还不到墨西哥湾沿岸地下含水层内甲烷总量的1/10。所以，有足够大的空间来封存二氧化碳，也有足够多的储量来提供充足的天然气。

假如产出的甲烷用于火电厂发电，而且无须回收这些甲烷产生的二

氧化碳，此后100年内，我们的系统能使二氧化碳的排放量下降800亿吨。这绝对是一个惊人的数字。忧思科学家联盟（Union of Concerned Scientists）已经确定，如果将大气的二氧化碳浓度限制在450ppm（这是大家公认的能使全球气温上升近2℃的二氧化碳浓度）以下，那么到2050年，美国和其他工业国家应将碳排放水平减少到2000年的25%。要完成这个目标，从现在起到2050年，美国需要回收1500亿吨的二氧化碳。如果我们的系统开始正常运作，每年封存10亿吨二氧化碳，即使只运行20年，隔离的二氧化碳也能为美国的减排目标贡献15%的力量。

当然，我们需要钻很多井，用于抽取和注回盐水；另外，在运作时还要非常小心，以免甲烷逃逸到空气中。这些井的钻法与传统的油气井相似，技术已经成熟。美国环保局有一套严格的程序来检查甲烷的排放以及排放源，而且能源企业也不愿意失去甲烷这种可以售卖的产物。而对盐水、甲烷和二氧化碳的处理，在复杂程度上，可能与石化工厂的操作流程相似—这也是成熟行业。最后，由于地下盐水都是液体，在钻井和管理方面，也与常规的、已经运作了几十年的石油行业相似。而且，这个过程不像水力压裂技术开采页岩气那样，需要将化学药品和大量的地下水注入岩层，并且存在一定的安全隐患。

这项活动诱发地震的可能性也非常低。最近的研究表明，将大量的流体（有时是处理废水）注入到特定的地质结构中，可能会提高地震的风险性。然而，处理盐水的过程是一个“闭环”：注入地下的盐水都是从原地层抽取的。按照这种方式，地下的压力不会有太大变化。

当然，建立这样一个系统恐怕耗资巨大，同时也可能增加消费者的用电成本。但是，话说回来，要想大幅度降低二氧化碳的排放量，我们做任何事情—无论是建造成千上万座太阳能和风能发电厂，还是用200个反应堆来取代燃煤发电厂，都会付出不小的代价。

开始行动

鉴于我们多次计算的结果，盐水封存系统在理论上是可行的。不过，工厂化的实验结果才是决定我们的系统是否可行的关键所在。目前，美国桑迪亚国家实验室、劳伦斯·利弗莫尔国家实验室和英国爱丁堡大学的研究人员，正在设计一些方案，以便更高效地向地下盐水注入二氧化碳，同时从中提取能源。还有两家企业在考虑，是否在墨西哥湾建

立实验工厂。

当前，积累经验是明智的做法，因为全球气温只要有一点升高的可能，二氧化碳减排这个任务就迫在眉睫。

美国墨西哥湾沿岸是建立盐水封存系统的理想位置。然而，碳排放问题是全球性的。我们不知道世界上哪些地方还能应用此系统，但这样的地方需要具备的关键因素是，含有溶解性甲烷的盐水层。只要发现有烃类物质的地区，也许就有这样的盐水层。中国和俄罗斯都有大型的含油气盆地，也许可以一试。

扩展阅读

Eliminating Buoyant Migration of Sequestered CO_2 through Surface Dissolution: Implementation Costs and Technical Challenges. McMillan Burton and Steven L. Bryant in SPE Reservoir Evaluation & Engineering, Vol.12, No. 3, pages 399–407; June 2009.

Coupled CO_2 Sequestration and Energy Production from Geopressured-Geothermal Aquifers. Reza Ganjdanesh et al. Presented at the Carbon Management Technology Conference, Orlando, Fla., February 7–9,2012.

Regional Evaluation of Brine Management for Geologic Carbon Sequestration. Hanna M. Breunig et al. in International Journal of Greenhouse Gas Control, Vol. 14,pages 39–48; May 2013.



油砂开采：环境与利益的博弈

随着容易开采的石油储备量越来越少，人们将能源需求转向了油砂矿等新的燃料来源。但是，开采和使用来自油砂的油会导致温室气体排放量大幅增加。因此，必须谨慎考虑是否应该修建输油管以扩大油砂生产。

撰文 / 戴维·别洛（David Biello）

翻译 / 冉隆华



精彩速览

把油砂转化为石油，并且把这些石油作为燃料燃烧，将产生大量二氧化碳。

如果全球平均温度升高2℃以上，可能会触发灾难性的气候变化。为防患于未然，全球累积碳排放量必须限制在一万亿吨以下。

但现在，人类累积碳排放量已经超过了上述极限值的一半，而油砂产量扩大将加速温室气体排放。

如果基石XL输油管（Keystone XL pipeline）项目建成，将加速油

砂生产，使全球碳排放量更迅速地向极限值靠近。



戴维·别洛写过将近10年的关于能源和环境的文章，在过去的4年里担任过《科学美国人》杂志社助理编辑，也曾主持过一个名为《地球60秒》的环境新闻节目。目前，他正与底特律公共电视台一起制作一部关于电能未来的纪录片。



电脑屏幕上红灯闪烁，但是本·约翰逊（Ben Johnson）却不予理会。约翰逊是一名工程师，又瘦又高，饱经风霜。他正靠着电脑显示器旁边的桌子，讲述他在加拿大艾伯塔油砂矿时的经历。他的任务是提取含有矿石和水分的矿泥，并分离“沥青”—一种焦油状的油料，可提炼成常规原油。他和两位同事负责看管一个监控站。该监控站位于一座三层锥形建筑（倒置漏斗形状）的底部附近。矿泥和热水流入锥形建筑的中部，沥青会上升到顶部，然后溢出，流到周围的炉床上。

2012年，有一次沥青上升得非常快，沿着锥形建筑的侧面一直往下流，淹没了建筑的下半部分。为防止此类事故再次发生，工程师安装了许多传感器，用来监测温度、压力和其他参数。如果出现什么闪失，传感器就会报警。然而，警报太频繁了—“每天1000次”，约翰逊这么说道，因此工程师习惯于把声音关掉。他说：“我们没办法把那当作说唱歌手的歌声，因为那会让我们发疯。”

森科能源公司北斯蒂普班矿有许多“分离器”，约翰逊操作其中一台。艾伯塔油砂矿的面积大约有15.2万平方千米，北斯蒂普班矿的产量只占现有油砂产量的很小一部分。过去10年间，油价高涨，这些油砂矿有利可图，加拿大已经迅速扩大了生产规模。仅在2012年，艾伯塔就出口了价值550多亿美元的油料，其中大多数去了美国。所以，这也难怪约翰逊他们不理会警报。

然而，艾伯塔油砂开采热潮正在引发另一种警报，这种警报发自气候科学家。燃烧化石燃料排放的二氧化碳正推动着全球温室气体浓度迅速逼近临界值—在大气中二氧化碳的浓度达到450ppm，就会使温度上升2℃以上。一些科学家担心，超过这个临界值，就可能发生灾难性气

候变化。虽然在所有化石燃料中，煤炭所占比例更大，但是，和常规石油相比，开采和炼制艾伯塔油砂需要更多能源，这额外增加了温室气体排放量。越来越多的人开始采用从油砂中炼油的方式获得原油。如果把现在还束缚在油砂中的碳释放出来，极有可能使全球气温快速上升，且上升幅度超过2℃的临界值。

艾伯塔油砂的命运及其相关的气候问题，似乎都集中到了基石XL输油管项目上，是否建设该项目还在讨论中。基石XL输油管建成后，将实现从艾伯塔到得克萨斯州在墨西哥湾沿岸的炼油厂的连通，成为油砂原油的主要运输通道。10多年来，艾伯塔油砂行业的支持者们认为，油砂是美国非常重要的油料来源，因为它们不受中东等地局势动荡的影响。人们需要做的，就是把油砂从加拿大运到需要它们的地方—美国以及更远的欧洲和亚洲。如果不建设基石XL输油管这样的管线，那么其他管线或者铁路也会扮演类似的角色。但一些专家认为，基石XL输油管对艾伯塔油砂产业的持续发展具有关键作用。

有关基石XL输油管的种种问题都还不明朗，因为美国总统奥巴马在第二次竞选期间把输油管建设的决策推后了。而当问题再次出现时，会有更多事情等待奥巴马总统的决策。

我们能排多少碳

冬季，当我来到艾伯塔北部，冒着刺骨的寒风，俯瞰森科能源公司的油砂矿时，我不禁想，全球变暖一点点可能是件好事。该矿位于广阔寒带森林的一个工业区内，大约在加拿大麦克默里堡以北30千米。麦克默里堡是一个繁华的城镇，房租可以比肩美国曼哈顿，这里的卡车司机一年可以挣10万美元。小镇下面有一条碎石路，我看到路上有一队卡特彼勒797FS卡车，这是世界上最大的卡车，每辆可以装载400吨成团的油砂。（在这里，女驾驶员更受欢迎，因为她们待在车上会比男驾驶员觉得轻松；但女驾驶员却很难找到，因为该镇男性人数是女性的3倍。）卡车在大型电动铲车和约翰逊的分离设施之间来回穿梭，跑一圈耗时40分钟。

卡车把油砂倒入一个紧凑型轿车大小的工业粉碎机里，粉碎机则把油砂传向一条超大型的输送带，这条输送带把油砂送到约翰逊负责看管的分离设施里。一批油砂从上车到分离出沥青仅需30分钟。黑色黏稠的

游离沥青冒着泡从分离器顶部溢出来，然后被收集起来，由输油管送到小型炼油厂，在炼油厂进行高温蒸煮，生成类似原油的烃类混合物。另一种做法是，沥青在低矮的巨型储罐里与较轻的烃混合，由此得到的混合物就是所谓的稀释沥青，这种沥青的流动性较好，足以在基石XL输油管那样的长运输管线中流动，一直流向美国的炼油厂。

森科能源公司北斯蒂普班矿只是世界第一批油砂矿里的一小部分，也只是该公司众多油砂矿中的一个—森科能源公司所有油砂矿加起来每天可以生产30多万桶原油。而最近，艾伯塔油砂油每天产量已经接近200万桶，相当于8万多口油井的产量、美国需求量的1/20。这些油砂矿、巨大的有毒废水湖和大块亮黄色的硫形成的矿区，大得足以从太空中看到，就像一块在寒带森林中不断蔓延扩张的工业补丁。

然而，最大的问题可能是这些油砂矿在无形之中对环境造成的影响。要避免温度上升幅度达到2℃这一灾难性气候变暖的临界值，就意味着人类要根据“碳预算”（carbon budget）来克制自己的行为。所谓的“碳预算”，是科学家提出的一个极限值，也就是人类排放的碳总量不能超过1万亿吨。

“碳预算”是牛津大学的物理学家迈尔斯·艾伦（Myles Allen）和另外6位科学家提出的概念。2009年，艾伦小组收集了有关气温升高的观测数据，并把这些数据输入用来模拟未来气候变化的计算机模型。该模型反映的是，二氧化碳在几个世纪里在大气中累积，持续吸热等情况。模拟结果显示，如果要把气温上升幅度保持在临界值之下，那么从现在到2050年，人类排放的碳总量不能超过1万亿吨。我们会以多快的速度达到这个极限并不重要，重要的是不能超过这个极限。现已退休的美国国家航空航天局气候学家詹姆斯·汉森（James E. Hansen）指出：“碳排放量的多少才是根本问题，我们以多快速度燃烧化石燃料其实无关紧要。”1988年6月，汉森就曾在美国国会的听证会上证明全球变暖，而最近，他还因抗议基石XL输油管项目而被捕。

碳的来源也不是关键问题。不管是油砂、煤炭、天然气、木头，还是其他任何会产生温室气体的燃料，全球能烧掉的碳燃料的数量是确定的。斯坦福大学卡内基科学研究所全球生态系的气候建模专家肯·卡尔代拉（Ken Calderia）指出：“从气候系统的角度看，二氧化碳分子就是二氧化碳分子，它来源于煤炭还是天然气无关紧要。”

艾伦认为，迄今为止，燃烧化石燃料、砍伐森林和其他活动，已经

向大气排放了5700亿吨碳；仅仅2000年以来，就有超过2500亿吨的二氧化碳进入大气。现在，人类活动每年大约向大气排放350亿吨二氧化碳（相当于耗费95亿吨碳）。随着全球经济发展，这个数字还在不断增加。根据艾伦的计算方法，按当前排放速度，在2041年夏季某个时候，全球就将向大气排放第1万亿吨碳。因此，为了不突破“碳预算”，从现在起，全球的碳排放量必须每年降低2.5%。

地下油砂矿

艾伯塔油砂其实就是大量埋藏于地下的碳，也就是无数藻类和其他微生物的遗体。数百万年前，这些生物生活在温暖的内陆海，通过光合作用吸收大气中的二氧化碳。采用现在的技术，人们可以从艾伯塔油砂中提取大约1700亿桶油。如果烧掉这些油，会让大气中增加大约250亿吨碳。如果科学家能找到一种方法，把油砂中每一滴沥青都提取出来，石油产量还可以再增加1.63万亿桶。也就是说，如果将油砂中所有的碳燃烧掉，将产生2750亿吨的碳。现在，这些碳还埋在地下，等待着人们去开采。美国明尼苏达州圣托马斯大学的机械工程师约翰·亚伯拉罕（John P. Abrahm）指出：“如果我们烧掉所有来自油砂的油，由此引起的温度上升，将会是我们现在已经看到的上升幅度的一半。”也就是说，全球大约会再变暖0.4℃。

露天开采可以获取地下80米以上的油砂，但这些只占油砂总量的20%。在许多地方，油砂位于地下几百米深处。对此，能源公司已经开发出了一种就地提取沥青的方法—就地生产法。

2012年，加拿大森诺伍（Cenovus）能源公司每天在克里斯蒂娜湖提取64,000多桶地下沥青。该基地位于艾伯塔省，以附近水域的名字命名。这里采用的炼油方法是油砂开采的前沿技术之一。现场9台工业锅炉燃烧天然气，把水加热，变成350℃的水蒸气。森诺伍公司的工作人员坐在控制室（比森科能源公司的控制室大），把水蒸气注入地下，去熔化沥青。随后，沥青会通过生产井来到地面，工作人员再用输油管把沥青送去其他地方进一步处理。克里斯蒂娜湖基地的负责人格雷格·法甘（Greg Fagnan）把这个综合体系比作巨大的水处理设施，“只不过这里生产的是石油”。偶尔，井喷会让蒸汽和部分熔化的油砂冲入云霄。例如，2010年夏天，德文能源公司由于使用了过大的压力，就发生了类似

事故。

污染严重的财源

油砂油是如何炼成的

艾伯塔油砂由地球的热量铸就，地心热量让生物遗体变成了厚厚的石油或沥青层。每一滴沥青都包裹着细砂和水，在处理沥青之前必须清除砂和水。典型的油砂矿可能含73%的砂、12%的沥青、10%的黏土和5%的水。分离出黏性成分沥青，会产生大量的有毒残留物。



在克里斯蒂娜湖基地，工程师们提取出一桶沥青大约要注入两桶蒸汽。由于要使用天然气来加热水以产生蒸汽，因此地下开采油砂产生的温室气体要比露天开采产生的多2.5倍。而露天开采油砂本身，就已经是石油生产中排放温室气体最多的方式之一了。根据加拿大石油生产商协会的数据，仅2009年以来，由于采用地下开采方法进行大规模生产，艾

伯塔油砂的开采就使温室气体排放量上升了16%。2012年，艾伯塔地下油砂生产量首次与露天油砂生产量持平。由于克里斯蒂娜湖基地等矿区开展的工作，地下开采将很快就成为主要的生产方式。

然而，地下开采方式只适用于埋藏在地面200米以下的沥青，而露天开采最深只能到达地面以下80米。这就留下了一个120米左右的空白地带—这个深度对露天开采而言太深，对地下开采而言又太浅。到目前为止，工程师还没有想出什么方法来消除这个空白地带，这就意味着，目前要燃烧掉油砂中的所有碳还是不可能的事情。

尽管如此，燃烧掉大部分油砂中的碳，还是会让人类越来越接近全球碳预算的极限。既要燃用油砂，又要保持碳预算收支平衡，唯一的办法就是停止燃烧煤炭和其他化石燃料，或者找到一种方法，大幅度降低油砂开采的温室气体排放量。但这两种办法似乎都不可能实现。加拿大环保团体彭比纳研究所油砂研究负责人珍妮弗·格兰特（Jennifer Grant）认为，油砂开采的“温室气体排放量自1990年以来已经翻了一番，到2020年将再翻一番”。

输油管项目

为了避免突破碳预算，亚伯拉罕、卡尔代拉、汉森和其他15位科学家向美国总统奥巴马写信，强烈要求奥巴马拒绝批准2700千米长的基石XL输油管项目。这些科学家写道，建设输油管（油砂开采的规模会因此扩大）是“违背国家和全球利益”的事。

就在2012年总统大选前，奥巴马推迟批准基石XL输油管项目，并在第二次就职演说和2013年国情咨文演讲中表达了对气候变化的关注。他将在美国国务院发布关于基石XL输油管的最终报告之后做出决策。

美国国务院报告的第一稿低估了基石XL输油管项目对油砂产业命运，以及对环境的影响。报告第一稿说，基石XL输油管项目对温室气体排放“不大可能产生大的影响”。但报告作者似乎假设，即使不建设基石XL输油管项目，加拿大也将找到其他在经济上可行的方式，把油砂油运送到消费者那里。

2013年4月，美国环保局做出了回应，给出了不同的说法。美国环保局环境执法办公室助理主任辛西娅·贾尔斯（Cynthia Giles）认为，美国国务院报告是基于有漏洞的经济学原理来撰写的，并且除此之外还有

其他疏漏。根据以往大型环境评估经验，美国环保局认为，基石XL输油管项目的替代方案要么更加昂贵，要么面临强烈反对。换言之，如果没有基石XL输油管项目，就可能制约油砂开发。2013年5月，国际能源机构（International Energy Agency，IEA）在其有关油砂开采的预测中证实了上述分析。

加拿大已经在利用火车向南方运送油砂油了，但这只是权宜之计。按照现在的费率，用铁路运输比输油管运输贵3倍。随着油砂开采量攀升，铁路运输的昂贵费用终将成为油砂产业进一步发展的障碍。

如果基石XL输油管项目失败，那么其他输油管如何？加拿大可以选择向西铺设通到太平洋沿岸的输油管，从而对接开往中国的超级油轮。加拿大还可能将油砂运往东边—通过现有输油管，将它们运输到美国中西部或者大西洋沿岸。然而，这两个方案都有问题。太平洋输油管可行性最差，因为它必须横贯落基山脉，通过不列颠哥伦比亚省印第安人和其他土著民族的土地。而这里的居民因为害怕泄漏和其他影响，已经对铺设输油管提出了反对。大西洋输油管则可能与连接艾伯塔省和北美东海岸的现有输油管拼凑在一起。这样一来，工程师将不得不改变原来原油的输送方向。例如埃克森美孚公司对飞马输油管进行了处理，该输油管现在把原油从美国伊利诺伊州运到得克萨斯州。但是，改造过的旧输油管可能更容易发生泄漏。例如，2013年4月，飞马输油管在美国阿肯色州就发生了油砂油泄漏事件。而且改造现有输油管可能会激起环保主义者和其他人的强烈反对。

根据美国环保局和国际能源机构的报告，由于存在上述障碍，油砂行业要进一步做大，就离不开基石XL输油管项目。目前，艾伯塔油砂油产量达到每天180万桶，而基石XL输油管建成后，每天能多运送83万桶油砂油。

考虑到来自环境方面的反对，艾伯塔省和能源公司已经着力最大限度地减少油砂生产的温室气体排放量。荷兰皇家壳牌公司正在尝试用昂贵的替代方案来从油砂中提取沥青，这种方案要加入氢气，而不是把碳加热变成石油焦（pet coke，渣油加工制得的一种焦炭），从而减少二氧化碳排放量。这个国际石油巨头也已开始制订计划，为一个小型炼油厂增设碳捕获和存储设备，该项目称为“探索”。在2015年项目完成时，该工厂将尝试每年在地下深处存储100万吨二氧化碳，大约相当于工厂二氧化碳排放量的1/3。另一个类似项目计划捕获二氧化碳，用于把更

多常规油类从地下压出来。

艾伯塔也是世界上唯一征收碳税的产油地区，目前每吨最多征收15美元碳税，且讨论仍在继续，碳税可能提高。迄今为止，艾伯塔已投入3亿多美元用于技术开发，主要开发油砂二氧化碳的减排技术。2011年，时任艾伯塔省能源部长的罗恩·利柏特（Ron Liepert）告诉本文作者："即使没有什么其他意义，碳税的存在，也能在人们抨击我们的碳足迹时，成为一面挡箭牌。"

这些试图减少油砂碳足迹的工作进一步增加了油砂油的提取成本，却对碳足迹没有多大影响。据加拿大石油生产商协会的数据，2011年，加拿大每天生产180万桶油砂油，排放温室气体4700万吨以上。

2010年，国际能源机构发布了一份分析报告，提出了不突破2℃临界值的应对措施。报告认为，到2035年，艾伯塔油砂油产量每天不能超过330万桶。然而，从艾伯塔省已批准或正在建设的油砂开采项目来看，到2030年，其油砂油产量每天可能达到500万桶。很难想象要怎么做，才能在开采如此大量油砂的情况下，不会突破碳预算的极限。

防止突破极限

单独针对油砂是不是不公平？毕竟，我们燃烧掉的其他化石燃料更多，然而它们却没有惹来那么多骂名。也许，其他化石燃料也应该受到同样的"待遇"。2011年，美国燃煤电厂大约排放20亿吨温室气体—大约是油砂开采、提炼和燃烧所产生温室气体的8倍。世界各地许多煤矿对景观的破坏是显而易见的，对气候变化也带来了更大的遗留问题。然而，美国蒙大拿州和怀俄明州的保德里弗盆地煤矿却没有像基石XL输油管项目那样，成为人们高调抗议的靶子；抗议者没有把这些煤矿和铁轨联系在一起，去阻止那些日复一日地从保德里弗盆地运输煤炭的几千米长的火车队列。美国地质调查局认为，利用现有技术，仅仅这个盆地就可以开采1500亿吨煤炭。如果这些煤炭全部燃烧，世界就将远远超出万亿吨级的碳预算。

澳大利亚计划向亚洲增加煤炭出口，燃烧这些煤炭可能每年向大气增排12亿吨二氧化碳。即使油砂油产量按最乐观的预计增长，与这些煤炭相比，其温室气体排放量也是小巫见大巫。美国和印尼等国家也正在筹划扩张煤炭产业。即使基石XL输油管项目建成，推动油砂大量开发，

削减甚至关闭美国煤炭行业也能补偿基石XL输油管项目建成造成的环境问题，并且还能补偿其他环境损失，虽然两种化石燃料用途不同—煤炭用于发电，油砂油用于运输。

作为一个容易受到环境压力影响的国家，加拿大也更容易受到质疑。生产“重油”（heavy oil，原油提取汽油、柴油后的剩余重质油，分子量大、黏度高）的污染类似于油砂沥青，而墨西哥、尼日利亚和委内瑞拉的重油生产者，却没有因为极高的二氧化碳排放量而被审查。事实上，从加利福尼亚州老油田提炼这样的重油，是全世界各种油类提炼（包括油砂）方式中排放二氧化碳污染最多的，没有之一。艾伯塔大学油砂创新中心的化学工程师、科学负责人默里·格雷（Murray Gray）说：“如果你认为使用其他石油来源比油砂好得多，那么你就错了。全球煤炭使用量的增加让我更加担心。”

但是，在全球其他任何地方，石油开采的增加速度都没有艾伯塔的油砂开采那么快—过去10年间，油砂油日产量增长了100万桶以上。要想不超过碳预算，世界化石燃料产量必须低于已探明的、可经济开采的石油、天然气和煤炭储量的一半。这意味着许多化石燃料—尤其是油砂油等污染最严重的油—必须继续埋在地下。

经济的推动可能有助于全球环境改善。美国北达科他州利用水力压裂法开采巴肯页岩，由此产出的石油已经在一定程度上减少了美国对加拿大重污染原油的需求。为此，与艾伯塔油砂相关的一些新的基础设施项目—例如投资达120亿美元的樵夫（Voyageur）小型炼油厂—已经下马。由于美国汽车燃油效率的新标准出台，在这个强制性标准下，油料需求会减少，至少在短期内是如此。但无论如何，油砂始终在那里，等待开采。一旦方便开采的石油耗尽，油砂终会成为诱人的开采目标。

如果批准基石XL输油管项目，或者建设其他输油管把油砂油运到其他国家，其出口可能持续上涨，从而在无形中加速大气中二氧化碳的累积。根据艾伦的计算，为了保持地球不触及升温2℃的临界值，必须从现在开始，努力让二氧化碳排放量每年减少2.5%，否则全球温室气体浓度将持续增加。无论是油砂还是其他来源，来自化石燃料的每一个碳分子都至关重要。

扩展阅读

Warming Caused by Cumulative Carbon Emissions towards the Trillionth

Tonne. Myles R. Allen et al. in Nature, Vol. 458, pages 1163–1166; April 30, 2009.

The Alberta Oil Sands and Climate. Neil C. Swart and Andrew J. Weaver in Nature Climate Change, Vol. 2, pages 134–136; February 19, 2012.

The Facts on Oil Sands. Canadian Association of Petroleum Producer s, 2013. Available as a PDF at www.capp.ca/getdoc.aspx?DocId = 220513&DT = NTV

从石油到核电：能源成本大比拼

石油越来越难开采，这意味着其价格也会越来越高，未来该投资什么能源的决策将非常关键。

撰文 / 梅森·英曼（Mason Inman）

翻译 / 黄莹

审校 / 廖翠萍



精彩速览

从经济性和能量损失的角度来看，非常规燃料远不如常规燃料那么具有吸引力，开采和加工加拿大油砂来生产石油的复杂步骤就为我们提

供了一个好例子。油砂的开采主要有露天开采和地下开采两种方式。其中，露天开采需要高能量强度、高成本的工作，包括砍伐、采掘、拖运、粉碎、清洗、加热等，以便从充满油砂的初矿中分离出焦油状的沥青。然后，这些沥青将在原地被炼油装置炼成原油，而这些原油最后将通过管道运走（有时由油轮运输）。地下开采虽然无须把地面上大量的土壤和树木移走，但需要能量来产生蒸汽，以熔化地下的沥青。当然，无论是哪种开采方式，都需要大量的人力。随后，开采出来的原油还将消耗更多的能量，被输送到精炼厂进一步加工成汽油和其他燃料。此外，在油砂开采结束后还需要对矿区进行环境修复，包括水质净化、土地复垦等，这也需要消耗大量的能量。相比之下，常规原油的开采、提取和精炼需要投入的能量少得多。



梅森·英曼是美国加利福尼亚州奥克兰市的一位自由撰稿人，目前正在为被誉为“石油峰值理论之父”的美国著名地质学家金·哈伯特（M. King

Hubbert）撰写传记。



加拿大是世界上油砂资源最丰富的国家，其油砂项目工程横贯艾伯塔省东北部约600平方千米的范围。时任加拿大总理的斯蒂芬·哈珀（Stephen Harper）称，从沉积物中提取石油是“一项史诗般的伟大事业，可以与修建埃及的金字塔和中国的万里长城相媲美，而且更加宏伟”。

随着石油、天然气等传统化石能源储量日益减少，以及人类对能源需求的持续上升，能源生产企业逐渐将目光转向油砂等更难获取并且更昂贵的非常规资源。以油砂为例，在过去10年内，全球来自油砂的原油产量翻了近3番，到2011年已达到每天160万桶。

我们认为，在全球传统化石能源日益减少的大背景下，对非常规能源资源的开发是非常有必要的。但无论是开采油砂、页岩气，还是对老油田进行蒸汽驱油，开采过程往往伴随着大量的能源消耗。因此，开发哪一种非常规能源更有意义成为目前最为关注的问题。为了方便对比不同燃料资源，纽约州立大学环境科学与林业学院的生态学家查尔斯·哈尔（Charles A. S. Hall）提出了一种名为“能源投资收益率”（energy return on investment, EROI）的通用指标。该指标表示的是，减去用于生产燃料所消耗的能量后，燃料可以提供的净能量，即单位能耗所获得的能量比率。EROI的值越高，经济效益就越好。在后面的内容中，我将

通过分析各种燃料资源的投入与产出，来说明它们的能源投资收益率。谈到石油和天然气，哈尔说："不论在哪里，能源的投资收益率都在不断减少。"他的模型显示，现代经济所需要液体燃料的EROI值至少为5。随着EROI值的下降，社会将花费大量的金钱用于能源生产，而这些成本会侵占用于教育、卫生保健、娱乐等其他方面的资金。

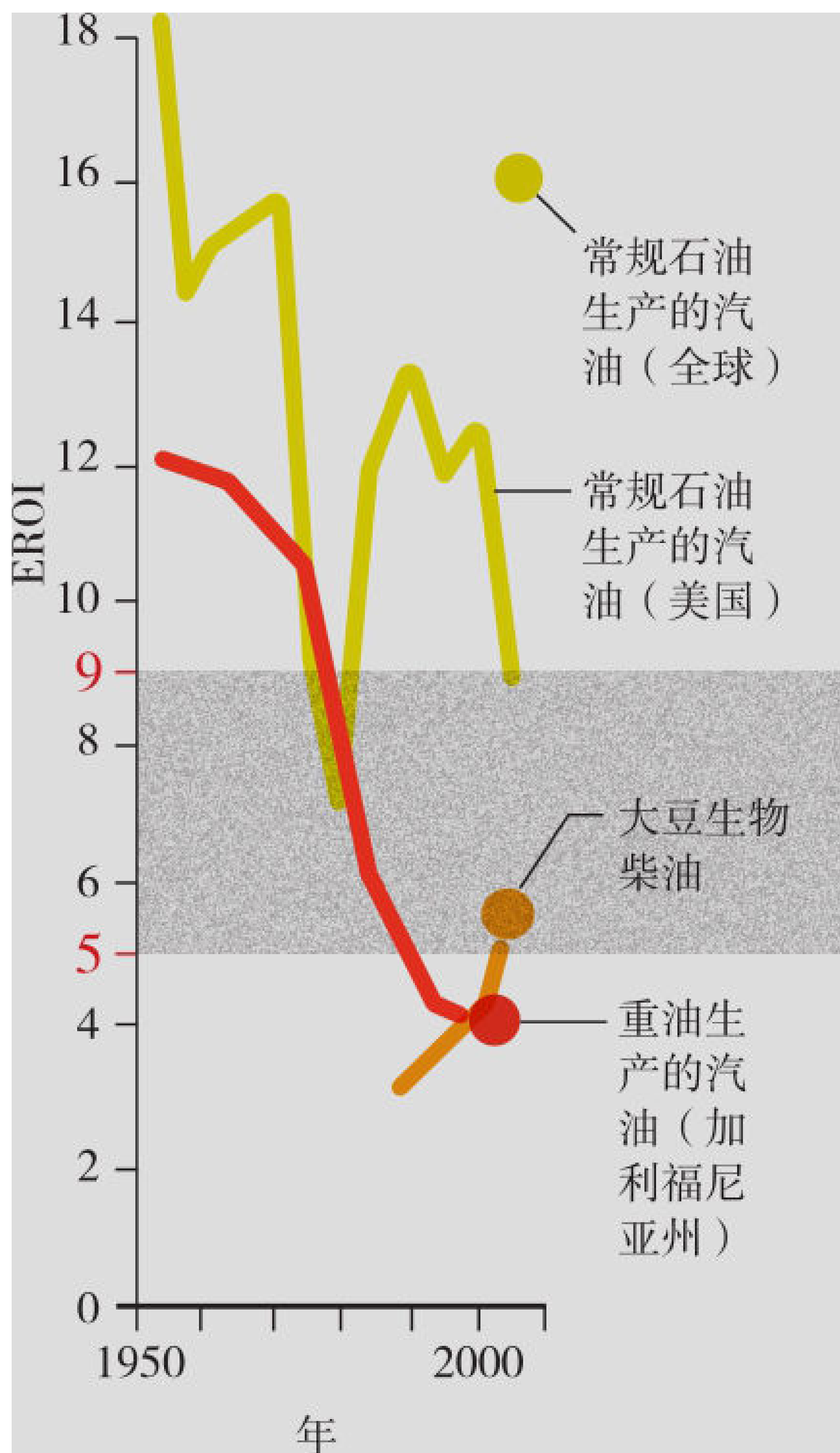
赢家和输家

廉价能源的衰落

许多专家表示，由于可以廉价开采的高品质化石燃料正在逐渐减少，世界各国开始转向生产成本更高的能源资源。这种情形也可以通过EROI反映出来，即消耗单位能量所能获得的能量。从右图可以看出，与其他液体燃料来源相比，常规石油的EROI非常有优势，但由于多年来的大规模生产和消费，其EROI值有明显下降的趋势。电力同样具有较高的EROI值，因此汽车使用电力较为划算。国际能源署执行理事田中伸男（Nobuo Tanaka）曾在2011年称："廉价能源时代已一去不复返了。"

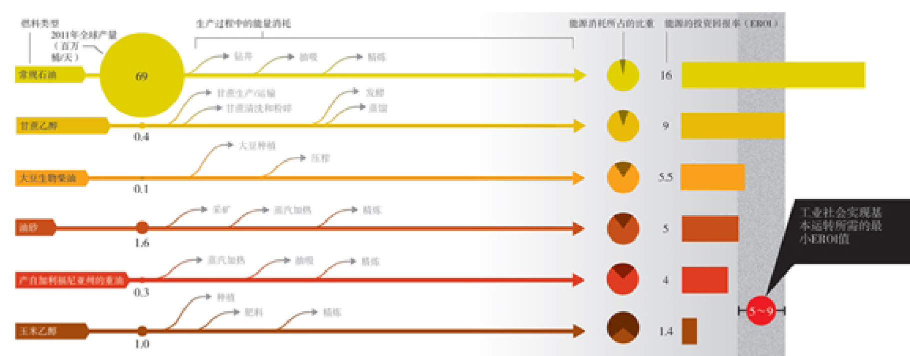
石油优势逐步削弱

现代经济运行需要EROI值至少为5的液体燃料。几十年来，传统石油资源的EROI值一直远高于这一阈值，但目前正在急速下降。重油（由较长烃分子组成的高黏度石油）等替代资源的开发需要投入的能量更高，因此EROI值较低。但是，大豆生物柴油等替代燃料为未来液体燃料的供给带来了一线希望。


18
16
14
12
10
9
8
6
5
4
2
0
EROI
1950
2000
年
常规石油生产的汽油（全球）
常规石油生产的汽油（美国）
大豆生物柴油
重油生产的汽油（加利福尼亚州）

液体燃料：目前原油的能源收益最好

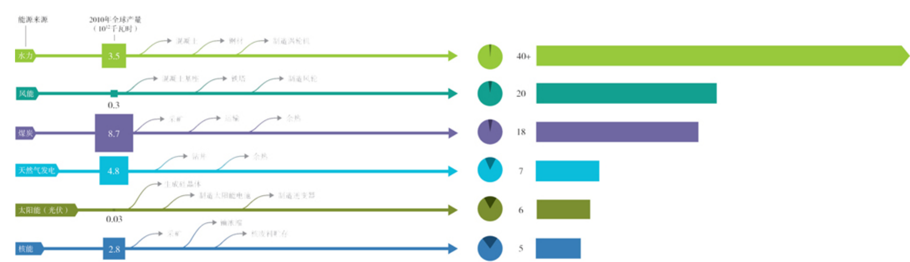
每种原料都必须先从矿藏或植物中提取出来，然后精炼以生产汽油或者其他燃料。每一个步骤都会使EROI值降低。下图的值是近期行业平均值或来自典型设备生产的值。



电力：可再生能源与化石能源的竞争

电力资源的EROI值分布较广。

EROI计算所采用的数据均为近期行业平均值或来自典型设备生产的值。



能量投资的里程回报：电力具有明显优势

制造不同的交通运输燃料，需要的能源投资并不相同。其中，投入同样的能量，用于发电可以使汽车行驶的距离最远，其次是传统的汽油，然后是甘蔗乙醇。汽车能行驶的里程数是以制造每种燃料所需的能量和燃料的能量密度（例如乙醇的能量密度约为汽油的67%）为基础的。对于电动汽车，里程数的计算包含了输电耗能，但并不包括生产电池的能耗。

每千兆焦耳不同燃料汽车的行驶距离（英里）


3600
传统石油生产的汽油

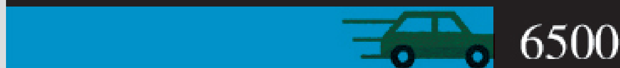

2000
甘蔗乙醇


1400
大豆生物柴油


1100
油砂生产的汽油


900
重油生产的汽油


300
玉米乙醇


6500
靠美国电网驱动的电动汽车

根据对EROI值的分析，有几种燃料选择对交通运输部门较具吸引

力。然而，根据国际能源机构的研究，全球越来越需要低EROI值的燃料，以应对更高的燃料需求量。IEA早已发出警告，称原油价格已处在“危险区域”，并正在威胁经济发展。相对而言，电力行业可获得更为丰富的资源，其EROI值普遍较高。

但是，EROI方法并不能评估某种燃料的所有优缺点；显而易见，这种方法也不涉及温室气体排放的环境成本，或者诸如风能、太阳能的间歇性发电导致的能量供应问题。尽管如此，EROI可以揭示，人们能从某种给定资源得到多少能量。同时，它还可以突显，那些削减污染的努力（例如燃煤电厂的二氧化碳捕获等）将如何显著地改变燃料的可购买性。通过评估能量投入和产出，可以正确地引导能源投资，让其最有效地保持经济繁荣，并且有助于构建一个可持续的未来。

扩展阅读

Revisiting the Limits to Growth after Peak Oil. Charles A. S. Hall and John W. Day in American Scientist, Vol. 97,No. 3, pages 230–237; May-June 2009.

New Studies in EROI (Energy Return on Investment). Edited by Doug Hansen and Charles A. S. Hall. Special Issue of Sustainability, Vol. 3; 2011. www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/New_Studies_EROI

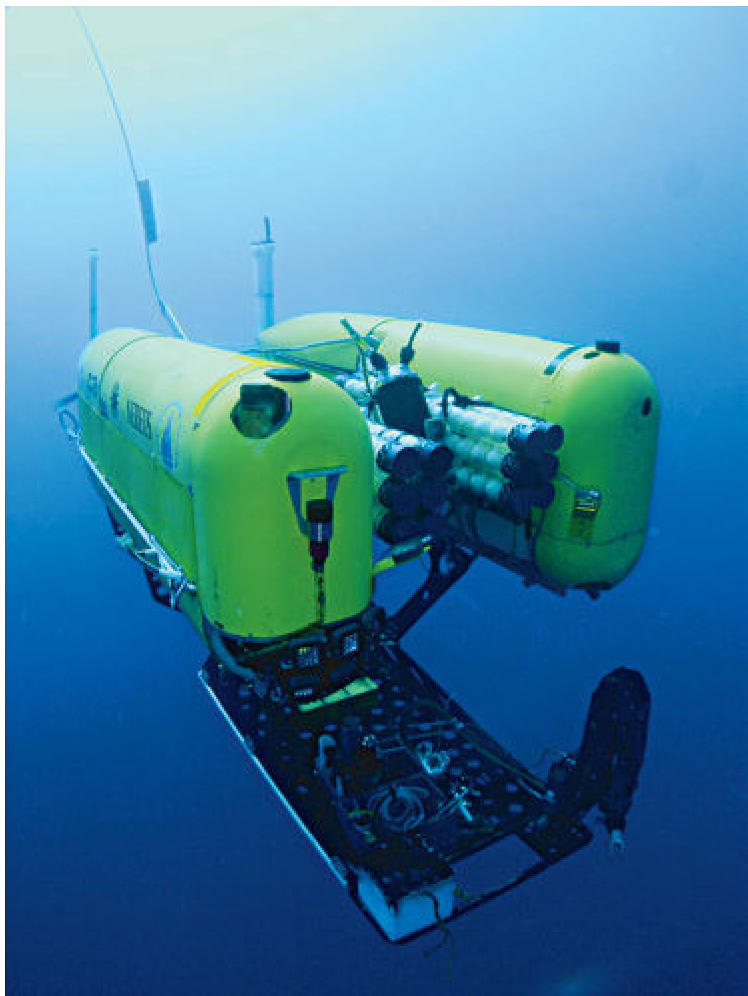
Energy and the Wealth of Nations. Charles A. S. Hall and Kent A. Klitgaard. Springer, 2012.

“烫手”的可燃冰

甲烷水合物是解决世界能源危机的“妙方”，还是加速全球变暖的“毒药”？

撰文 / 莉萨·马尔戈内利（Lisa Margonelli）

翻译 / 王栋



精彩速览

甲烷水合物广泛分布于陆地边缘近海的海床之下，这种规模庞大的

冰晶结构束缚着巨量的甲烷气体。它们包含的能量可能比世界上所有已知的石油、煤炭和天然气储量的总和还要多。

科学家正在对暴露出海床表面的那部分甲烷水合物进行探测，以确定开采这种气体作为能源的可行性。他们的研究还包括，因海水变暖而受热的甲烷，自发逸出的可能性—因为甲烷是一种甚于二氧化碳的温室气体，而甲烷水合物有可能释放出巨量这种温室气体。

另一种风险是，受到地震的扰动时，甲烷水合物可能会迅速膨胀并引发海啸。

人造甲烷水合物正在空气中燃烧。

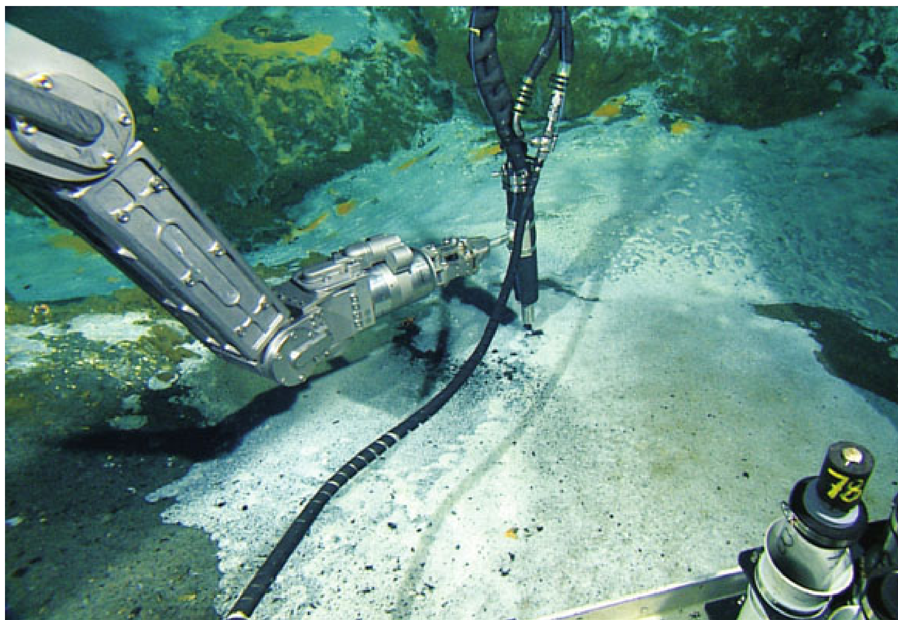


莉萨·马尔戈内利是《令人着迷的石油：从油田到油箱—原油的漫长奇异之旅》（*Oil on the Brain: Petroleum's Long, Strange Trip to Your Tank*）一书的作者。目前，她正为《科学美国人》写另一部关于白蚁的书。



2013年8月的一个早晨，美国加利福尼亚州北部外海1812米深处，美国蒙特雷湾水族馆研究所的深海探测机器人“道格利茨号”正在冰冷的海水里巡视着海床。在它下面是一片2000米长、60米宽，表面散布着黄褐色沉积物薄层的长方形堆垛状海床。突然，在机器人携带的水下相机传回的视频画面中，出现了一些看着有点脏却泛着光的雪堆一样的物体。它们看起来就像被铲雪车推到路边的雪堆一样，只是附近多了一些贝类和游动的海鱼。这些散发着柔光的“雪堆”是一种“征兆”，表明这块长方形“雪堆”中蕴藏有甲烷水合物（亦称可燃冰）—用像“牢笼”一般的水冰晶格将甲烷气体分子“囚禁”起来的一种笼状结晶。如果把这样一块“雪球”拿到空气中，它会一点就着。

这些暴露在海床外的少许痕迹，往往只是冰山一角。大多数甲烷水合物都蕴藏在深冷海床下的浅层沉积物中。这些沉积物的总量惊人，而且分布广泛，科学家几乎能在全球任何一片大陆边缘的外海中找到甲烷水合物。根据最新的估计，全世界海底蕴藏的甲烷水合物中包含的碳元素，至少相当于地球上煤炭、石油和天然气储量的总和。然而，对甲烷水合物的研究目前还处于初级阶段。



美国加利福尼亚圣莫尼卡外海，机器人的机械臂正将一个激光探头插入冰冻的甲烷水合物堆垛里。



温哥华外海：在“西部飞行者号”科考船上研究人员的操控下，潜水机器人“道格利茨号”下潜到1300米深的海床上研究甲烷水合物。

蒙特雷湾水族馆研究所的这次科考活动为期11天，目的是探测、研究这个由甲烷水合物和沉积物构成的巨大堆垛状地形。这是一项复杂的

工作，需要借助“道格利茨号”这部有机械臂的遥控机器人装备进行。机器人通过线缆同海面上的科考船“西部飞翔者号”相连，来接收控制指令和实时传输图像。在船上狭小的控制室里，大大小小的显示屏共20块。当甲烷水合物的图像出现在这些显示屏上时，蒙特雷湾水族馆研究所的资深科学家、海洋地质学家查利·波尔（Charlie Paull）顿时高兴得合不拢嘴。在场的除了我、波尔和其他一些人，还有来自水族馆研究所和美国地质调查局的十几位科学家。大家坐在拆下来的旧飞机座椅上，甚至还有倒扣过来的塑料桶，把整个控制室挤了个满满当当。此刻，所有人的注意力，以及所有仪器的探测目标，都集中在下面堆垛状地形所蕴藏的秘密上：它是如何形成的？这些甲烷又来自何方？它是从什么时候开始在洋底出现的？10年前？还是已经有100万年了？

这个研究团队正在搜寻一些基本信息，以便解决更大的问题。近期的一项地质勘测显示，如果按美国当前的消耗速度计算，仅美国本土48个州沿线海域所蕴藏的甲烷水合物，就可供美国使用2000年。如果能采集哪怕一小部分，甲烷水合物就能发挥巨大作用。2013年3月，日本科考船“地球号”首次从海洋里的甲烷水合物中提取出了天然气。然而，如果持续升温的海洋破坏了这些甲烷水合物的稳定性，从而促使大量甲烷被释放并钻出海面进入大气层，将大大加剧气候恶化，引发气候灾难。20世纪，甲烷对全球变暖的“贡献”是二氧化碳的20倍。那么，甲烷水合物究竟会是下一种主要能源，还是造成巨大环境灾难的凶手呢？波尔等科学家正在寻找答案。

神秘的“甲烷冰”

波尔是一个高个男人，留着花白的大胡子，声音平缓，带有美国罗得岛口音，从20世纪70年代起，他就开始研究水合物。当时，水合物主要被看作石油工业中的有害物质，因为它们的冰晶体会堵塞深海油井中的管道。如果你向波尔提一些关于水合物的问题，他一开始总会告诉你很多事实，只有在最后，谈到他不了解的问题时，他的脸上才会出现一种奇怪的痛苦表情。在他的职业生涯中，人们对甲烷水合物的认识从神秘的新奇事物，逐渐变成了地球碳循环系统的关键环节，而这也让它们变得更加神秘了。波尔说：“曾经，每次发现甲烷水合物，都会给大家带来惊喜，但现在问题却变成了—有找不到它们的地方吗？”

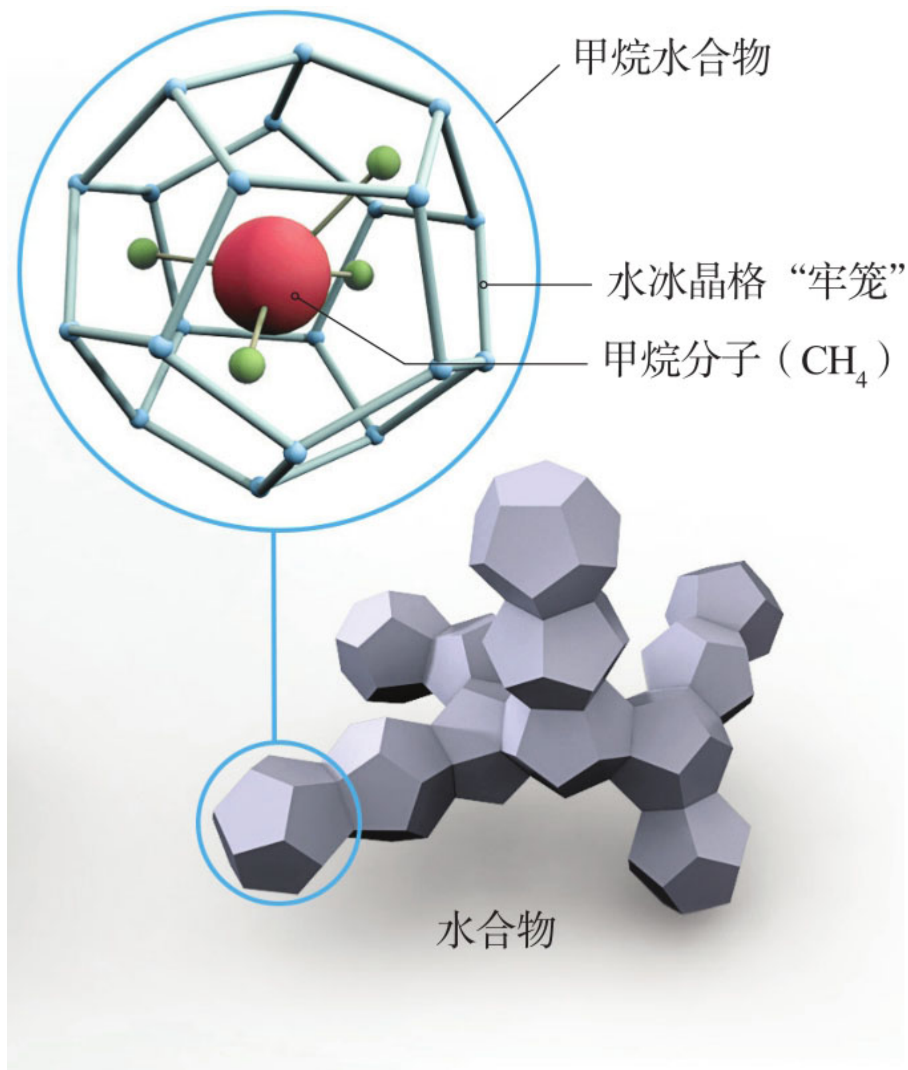
实际上，大约有1%的甲烷水合物存在于陆地上，它们储藏在两极地区的永久冻土层中。剩下的大部分都储藏在海洋里，处于至少300米深海水下的低温和高压环境，即所谓的“甲烷水合物稳定区”中。在那里，厚达1000米的巨大沉积层中，遍布着甲烷水合物的晶体“网络”，覆盖超出1000米的沉积层范围。由于地球内部深处的加热作用，甲烷就只能以气体形式存在了。虽然甲烷水合物在不断形成，但它们的形成过程却无法被预测。在某些种类的沙粒之间，它们会以固态形式存在于多孔空间里；而在另外一些环境下，却保持着可流动的气态形式。科学家还不确定，为什么某一特定形态会在某一地点占据主导地位。

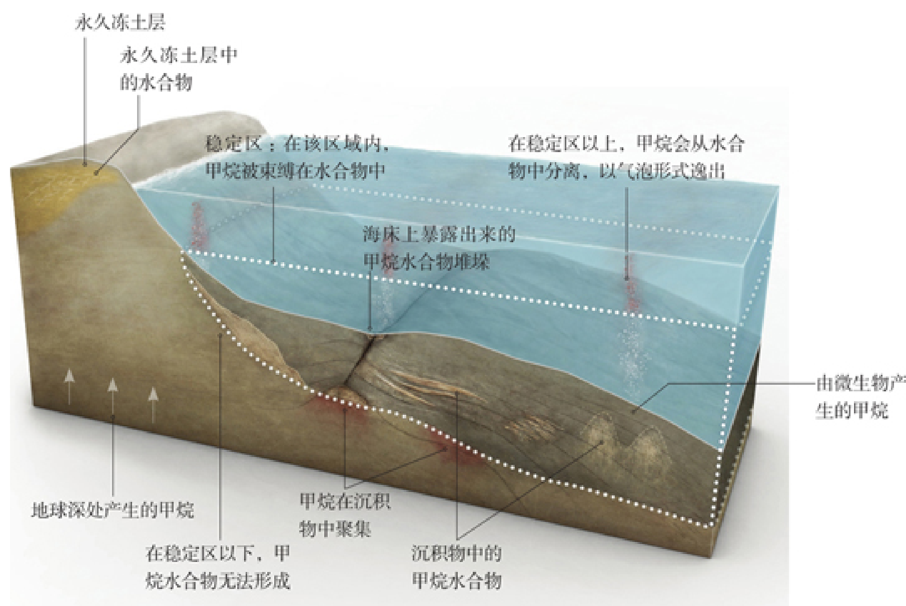
弄清甲烷水合物这些难以捉摸的细节特性（比如它们为什么会在气态和固态之间来回转换，以及它们能将甲烷束缚在一个地方多久），是利用好这种能源的关键。要想成功地进行开采实验，解决这些问题是当务之急。“地球号”科考船先钻探进富含甲烷水合物的沉积层，然后将周围的海水抽走，以降低局部压强，从而致使沉积物中冰冻晶格里的甲烷分离逸出。从那个钻孔中，甲烷气体持续喷了5天半。

甲烷水合物

甲烷水合物的全球分布

甲烷水合物存在于世界各地海岸沿线的海床下。虽然研究人员获取的样品大多来自浅海，但他们认为还有更多的甲烷水合物储藏在深海之下。当甲烷气体被束缚在水冰晶格之中（见右图），甲烷水合物就会在海床上的沉积物里形成（见下图）。甲烷气体可由地球深处产生，或来源于以沉积物中有机物质为食的微生物。在某些地区，甲烷水合物团块会在海水中漂浮上升，到达稳定区（虚线标注区域）以上就会释放出甲烷气泡。此外，甲烷水合物还可以在陆地上的永久冻土层中形成。


甲烷水合物
水冰晶格“牢笼”
甲烷分子（CH_4）
水合物



在这个规模虽小，竞争却很激烈的甲烷水合物开发竞赛中，日本暂时占据了领先地位。2013年，日本对此项研究的投资高达1.2亿美元。2010年，美国投入了2000万美元，但到了2013年，这一数目却降到了区区500万美元。德国、中国大陆和台湾地区、韩国、印度都上马了小型研究项目，壳牌公司和挪威国家石油公司等石油巨头也参与其中。

虽然这些国家和地区对甲烷水合物投入的数额也算巨大，但全球石油工业仅2011年在研发上的投入就有数十亿美元。与后者相比，前者的规模还是相形见绌。

对于深陷福岛核泄漏烂摊子、苦于四处寻找进口能源的日本来说，开采外海储量巨大的甲烷显得十分诱人。美国虽然同样坐拥巨大的储量，但对甲烷水合物开发的兴趣却较低，因为美国的能源市场已是页岩天然气的天下。与页岩天然气相比，开采甲烷水合物的成本显得非常高昂。加拿大的甲烷水合物储量也十分丰富，不过出于类似考虑，它于2013年也中止了相关研究项目。

在甲烷水合物的开采中，如果说哪项技术算是“杀手级”技术的话，那必然是这样的一套系统：可以稳定甲烷水合物的化学结构，隔离开采过程中释放的温室气体，并输出作为燃料的甲烷。2012年，一个由美国地质调查局、美国能源部、康菲石油公司、日本和挪威的科学家组成的研究团队，曾试着开发这种系统。他们将一种由二氧化碳和氮气（用于防止结冰）组成的混合气体，泵入美国阿拉斯加州北坡油田永久冻土层

中的一块甲烷水合物。他们的思路是，二氧化碳会将甲烷挤出，占据甲烷原先的位置并被束缚在冰晶格中，这样水合物结构就不会被破坏。

随后，甲烷从一个钻孔中逸出，持续了一个月时间。不过直到最后，研究人员也无法确定，二氧化碳是否成功地取代了甲烷的位置。

美国能源部下属的国家能源技术实验室水合物技术主管雷·博斯韦尔（Ray Boswell）说："人们的想法很简单，但大自然总是更复杂。"他补充道，"这次实验得到的数据显示，就像有一个内部结构极其复杂的'黑箱'一样埋在地下。"虽然这次实验比较成功，但康菲石油公司随后还是解散了相关研究团队，所以美国能源部正在寻找新的业界伙伴来继续该项实验。

对波尔来说，这项实验还显示出，科学家对甲烷水合物性质的了解还很有限。2010年，在他的领导下，美国国家科学院的一个委员会审查了美国能源部关于甲烷水合物的研究工作。该委员会的最终结论是：虽然工程师有可能攻克从甲烷水合物中提取燃料的技术难题，但对于是否应该继续该项研究，只有解决了众多科学、环境和工程学问题后，才能做出合理的决策。与石油沉积物不同，甲烷水合物本身不稳定，勘探起来也很困难。并且，我们还不了解它们对周围环境的影响。波尔说："我们现在还不清楚，利用对环境无害的方式来开采甲烷水合物会有怎样的影响。"

更多的谜团

了解甲烷水合物多变难测的特性，是确定它们能否被可靠开采，以及它们是否会加速全球变暖进程的基础。

例如，仅仅碰触一下甲烷水合物，就可能让它们从固态转变成气态，导致实验失败。因此，波尔告诫"西部飞行者号"上的研究人员，在整个下潜过程中，都要避免碰触到那些冰状突起物。当潜水机器人从昏暗、微绿的海床上方游过时，堆垛像一个巨大的气泡一样开始逐渐升高。堆垛的表面上，到处都是一些小"疤痕"，就像被微小的陨石撞击过一样。波尔怀疑，这些"疤痕"就是小块甲烷水合物破裂的地方，是由鱼儿游动等外力引起的微弱压力变化造成的。无论在海底什么地方，只要有沉积物，都能看到像雪一样的、松脆的甲烷水合物小块由气泡牵着向上浮，就像一个个小"彗星"一样被它们的尾巴拽着，朝海面"飞"去。

在稳定区里，到处都有甲烷水合物在不断分解和形成。在一次下潜过程中，“道格利茨号”上的声呐发现，有一列气泡正从堆垛上逸出。波尔非常感兴趣，他想知道这些气体是产生于地壳深处的热源（类似于天然气和石油产生的地方），还是沉积物中吞噬小块有机物的微生物群落。实际上，所有沉积物中都包含生物成因的气体，其中一些还含有热成因的气体。研究这种混合气体，有助于确定堆垛是如何形成的，以及它下面蕴藏着什么。波尔指示操控员，让潜水机器人下降到产生气泡的源头—一个又暗又脏的裂口，旁边围满了以一些能进行化合作用（吸收甲烷并转化为能量的过程）的细菌为食的贝类动物。

“道格利茨号”在海床上一着地，相机就立即发现有一只螃蟹蹲在气泡附近，气势汹汹地想用钳子把不断涌出的气泡送入自己口中。因为那里的水温只有2℃，而且压强大得惊人，气体很快就会形成小的晶体结构，所以那只螃蟹的“嘴”的四周仿佛长出了一圈滑稽的白胡子，它的“气泡大餐”最终也只落得一场空。随船的一位生物学家介绍说，经常可以发现螃蟹试图吞食甲烷气泡，即便这些可怜的小家伙似乎并不能从中获取任何营养成分。

为了避免遭受与螃蟹们同样的“不幸”，在通向机器人操控的样品采集瓶的漏斗上，工程师装上了加热器。即便如此，在接下来的几天里，研究人员还是需要进行数次下潜，以获得足够的样品研究热成因及生物成因气体的混合物。

波尔还希望弄清楚这块堆垛的年龄，从而了解它的形成速度。操控员将“道格利茨号”降落到堆垛地形的边缘，并操纵它的机械臂，将特殊设计的采集管插入堆垛，以获取垛心样品。在一些地方，机器人很轻易地就能将采集管插入冰冷的、淤泥状的沉积物中；而在另一些地方，采集管则会被水冰或其他坚硬物质（例如碳酸钙）卡住。

这次科考期间，机器人的LED照明灯下还出现过奇异的宝蓝色泡泡。当时，坐在控制室里的美国地质调查局地质学家托马斯·劳伦森（Thomas Lorenson）认为，这些泡泡可能是石油。海底油田和气田经常会发生自然泄漏，美国国家科学院于2003年发表的一项研究估计，全世界每年约有6.8亿升石油渗入到海水中。这样的渗漏，给大群贝类、蠕虫类和其他生命体提供了能源。这也说明，如果要开采甲烷水合物，确保对环境安全无害是非常困难的。

“道格利茨号”采集到垛心样品后，研究人员又花了一个小时才将这

台机器人连同它的“战利品”一并回收到科考船上。在机器人进入船舱滑动气密门的瞬间，一股浓烈的石油和臭鸡蛋气味迎面而来。研究人员将其中一些样品放进冰柜保存，留待以后进一步分析；剩下的，研究人员在船上就开始着手处理了。淤泥般的钻芯看起来就像捣糊的巧克力面包，还有大量气体逸出，嘶嘶作响。

波尔和同事迅速开工。他们从较小的钻芯开始，把沉积物放入托盘，一厘米一厘米地测量，确定它是何时沉积形成的。在我面前的这块污泥里面，仿佛正在举办一场微生物的狂野派对—这块冰冷的沉积物含有数千种微生物，有的可以生成甲烷，有的以甲烷为食，还有的正在进行硫和氧分子的交换。虽然由甲烷水合物构成的网状结构可能规模宏大，但其实它们不过是海底沉积物和上方海水之间的“甲烷中转站”。劳伦森将这一空间比作“机场候机厅”，每个甲烷分子都在那里等待自己“起飞”的时刻。

美国赖斯大学的地球科学家杰拉尔德·迪肯斯（Gerald Dickens）认为，从全球的视角看，甲烷水合物就像一种巨大的“电容器”，收集并容纳那些从海底上浮进入的沉积物，或者在沉积物中生成的甲烷（类比于电荷），并束缚住它们，然后再逐渐将其释放进海水，最终有可能进入大气层。而我们还不清楚的是，这种“电容器”的作用时间有多长—甲烷会在这个“候机厅”里等多久，是700万年，还是迅速释放？如果是后一种情况，全球变暖无疑会更加严重。

更不确定的是，在海底的这个“电容器”里，究竟装有多少处于可开采状态的甲烷水合物？2011年，在参阅了大量研究论文后，迪肯斯得到了一个估值：相当于1700亿吨到12.7万亿吨的碳。这个范围太宽，不确定性巨大。若依据估值的上限，则全球甲烷水合物中蕴藏的碳元素，将是其他所有已探明的化石燃料储量总和的3倍以上，后者通常的估值为4万亿吨。

福音还是灾难

就像真正的电容器一样，甲烷水合物还有一次性释放出巨量甲烷（相当于电容器放电）的可能。这种先前未预料到的风险，引起了能源和气候研究人员的忧虑。因为甲烷水合物的浮力很强，它们在受到扰动时很危险。若将1立方米的甲烷水合物放到常温常压环境下，它就会膨

胀成为164立方米的甲烷气体和0.8立方米的水。若甲烷水合物受到地震扰动，这种急速膨胀会触发海底滑坡，还可能引起海啸。这样的多米诺骨牌效应，被认为是8100年前发生在挪威外海的那次“大断崖滑坡”的元凶，当时产生的巨浪袭卷如今英国所在的那片地区；还有1998年的锡萨诺海啸，当时在巴布亚新几内亚夺走了2000多人的生命。

对于尝试开采甲烷水合物的研究人员来说，防止这类地质灾害的发生将是一个大难题。传统的石油天然气开采，都是通过钻进由岩石封闭的地下储层来采集流体。但水合物中的甲烷是包含在固体中的，必须相变至气态才能开采出来，而这样的话就会扰动整个结构。

一个更值得深思的问题是，甲烷自发分离出来以后会去什么地方。如果它最终进入大气层而不是被海水吸收，就有可能对气候造成显著影响。我曾经有机会观察过一块甲烷水合物在海水中上浮的过程。那一次，潜水机器人在1800米的深海、有甲烷水合物暴露的地方采集了一块甜瓜大小的水合物冰晶样品，试图把这块总想向上浮去的东西装进网袋里。用另外一个目击者的话说，这段手忙脚乱的“舞蹈”就像是一场“反重力篮球赛”。我在控制室里观察，这个“篮球”在深水中基本上是完整无缺的。但随着机器人浮到稳定区之上，越来越多的气体开始逸出，网袋也被一层美丽的、薄雾般的气泡包裹。当机器人最终浮到海面上时，甲烷水合物就只剩几汤匙那么大了。



日本科考船“地球”号准备对太平洋1000米深处的沉积物中的甲烷水合物进行钻探。

在甲板上，劳伦森迅速将正在消失的水合物样品投进液态氮中保存，留作以后测试所用。他还试着点着了一小块，并递给我一小片让我尝尝味道。你能想象出品尝油气口味儿的、还在嘴里嘶嘶冒泡的雪糕的感觉吗？虽然让人反胃，不过回味还不错，有一种类似薄荷的香味儿。

这段狂野的上浮之旅，能为研究人员提供线索，让他们了解有多少甲烷会逸出到大气中。蒙特雷湾研究所的海洋化学家彼得·布鲁尔

（Peter Brewer）使用x射线断层摄影对上浮的甲烷水合物进行研究。结果发现，水合物从里到外都在“分崩离析”。另一个实验显示，随着水合物的上浮，产生的气泡像一层“皮肤”似的包裹在外面，就像周身嘶嘶冒泡、向外膨胀的乒乓球一样。布鲁尔说，弄清甲烷从水合物中分离时发生的物理和化学变化，将有助于研究人员确定分离过程会在海水中多深的地方发生；海洋微生物如何以水合物为食；一般情况下会有多少水合物（如果有的话）能一路上浮到海面；以及大约有多少甲烷会进入大气层中。

开启“魔瓶”？

了解这些知识，可以平息一场已经持续了10多年的激烈论战：海水温度上升是否会触发大规模的甲烷释放，以及这种释放的规模是否会超过海洋吸收甲烷的能力。早先有一个所谓的“笼炮理论”认为，甲烷水合物以一种“生成—聚集—大规模释放”的模式周而复始地存在，循环的周期长达几千甚至几万年。虽然这种周期性的循环模式无法通过化石记录得到证实，但在地球历史上，水合物中甲烷的一次大规模释放，有可能导致了5500万年前“极热时代”的出现—那时，地球温度的上升速度非常快。

与之相对，美国芝加哥大学的戴维·阿彻（David Archer）认为，水合物会在上千年里持续释放甲烷，导致全球气候的变暖模式发生巨大变化—不断上升的温度会导致一些甲烷水合物被氧化成二氧化碳，从而在一定程度上延缓气候变暖的趋势。

那些封闭在大陆极地地区永久冻土层下，以及靠近陆地浅海水下的水合物，可能更是迫在眉睫的威胁。2013年11月，由美国阿拉斯加大学费尔班克斯分校的纳塔利娅·沙克霍娃（Natalia Shakhova）带领的一个研究组估计，东西伯利亚的北极大陆架目前每年会向大气中排放1700万吨甲烷—是先前估计值的2倍。在那仅有50米深的海水中，沙克霍娃发现大量的甲烷气泡正从被冻土层覆盖的甲烷水合物沉积物中逃逸出来。在那个地区，风暴天气非常频繁，所以这些气泡很可能会被直接卷入大气中。在进行更多研究之前，没人知道这种动态过程是否在整个极地地区发生，我们甚至不清楚这些甲烷的主要来源是水合物还是冻土层。这是我们对甲烷水合物的认识的另一个“黑箱”。

随着分析工作的进行，另一个谜团也逐渐浮现了出来。我在船上的最后一天，波尔一直都在“西部飞行者号”的水下实验室里捣鼓那些小块样品。而那些较长的冰冻钻芯正在由美国地质调查局的研究人员分析，还要晚些才能得到结果。波尔觉得，我们看到的堆垛上的沉积物很可能是近期才形成的。通过扫描寻找双对氯苯基三氯乙烷的微量痕迹，他就能确定这一点，因为这种杀虫剂直到1945年之后才出现。然而，沉积物向上涌起并在海床上鼓出的事实，表明它们聚集形成的时间应该超过了1万年—虽然以地质学时间尺度来看仍然比较年轻。

那些由劳伦森送到美国科罗拉多矿业大学的冰冻水合物碎片也在进行分析。结果表明，这块堆垛不仅自身包含甲烷，它下面还封压着一系列的甲烷“仓库”。科罗拉多的研究人员在样品中发现了多种碳同位素—表明这些甲烷水合物来自两个不同的深层热源，同时还包括两种来自微生物的甲烷气体。

这种模式意味着，甲烷气体是从地壳深处的一个先前未知的热源里向上流动，中间同来自另一个较浅热源的甲烷气体混合，辗转继续向上穿过沉积物，再同那里的生物源甲烷气体（包括微生物将轻质原油转化成的甲烷）汇合。劳伦森对此感到非常惊奇：“这显示了（石油、天然气）运动的复杂性。对地壳深处（反应过程中）的那些主要‘参与者’，我们都还不怎么了解。”

在对一个堆垛地形的探测过程中，潜水机器人无意中发现了一个更庞大的地下世界。我们研究的这个堆垛只不过是一个小“瓶塞”，在它底下则是蕴藏着巨量甲烷和石油的巨大“魔瓶”。看来，对甲烷水合物的认识不仅仅是“能源福音还是气候灾难”这么简单的问题。它带给我们的是一个更深层次的谜题，包括全球范围内的水合物系统是如何演化发展的，以及这种演化的发生是在怎样的时间尺度上进行的。所以，我们需要加大对基础地球科学研究的投入，这样科学家才有可能搞清楚，这种神秘物质是如何将来自地球远古生命的碳，同这个星球的未来联系起来的。

扩展阅读

Methane Hydrates and Contemporary Climate Change. Carolyn D. Ruppel in Nature Education Knowledge, Vol. 3, No. 10, Article No. 29; 2013.

A blog about the methane expedition described in this article: www.mbari.org/

expeditions/Northern13/Leg1/index_L1.htm



新能源尚未启航

全球能源向可再生能源体系转型的过程，可能比我们想象的要漫长得多。

撰文 / 瓦茨拉夫·斯米尔（Vaclav Smil）

翻译 / 王兰体

审校 / 蔡国田



全球主要能源的转型，即从木柴到煤炭再到石油，分别花了50～60年。目前，全球主要能源正向天然气转型，这一过程也需要很长一段时间。

毋庸置疑，向可再生能源转型的过程也将是漫长的。在发达国家，传统的可再生能源（如水电）的发展已达到饱和。所以，未来可再生能源的增长将不得不来自一些新型可再生能源（如风能、太阳能和生物燃料）。而在2011年，这一部分能源在美国能源供应总量中的比重只有3.35%。

本文作者认为，政府可以制定一些政策，加速可再生能源发展的步伐，这些措施包括大范围资助新能源研究、废除不必要的补贴、确保能源价格能反映其对环境和人类健康的影响、提高全球能源利用效率等。





瓦茨拉夫·斯米尔是加拿大马尼托巴大学名誉教授，在能源与环境领域的著作超过30本。



“可再生能源将以不可阻挡之势席卷全球。”1976年，著名的新能源倡议者艾默里·洛文斯（Amory Lovins）曾这样断言。洛文斯当时预测，到2000年，美国能源中的33%将由众多小规模、分布式的可再生能源提供。几十年后，也就是2008年7月，美国环境学家阿尔·戈尔（Al Gore，曾任美国副总统）表示：“10年内用新能源完全改造整个美国的电力供

应系统，是可实现的、经济的、值得的。”2009年11月，马克·雅各布森（Mark Jacobson）和马克·德卢基（Mark Delucchi）在《科学美国人》上发表了一篇名为《2030开启新能源时代》（参见《环球科学》2009年第12期）的文章，他们在文章中提出了一个计划，认为在20年内，就可将现有的能源供应完全转换为可再生能源。

然而，1990～2012年，化石燃料在全球能源消耗中的占比几乎没有变化，仅从88%降到了87%。2011年，美国可再生能源在能源供应中占比不到10%，而且大部分来自“传统”的可再生能源，如水力发电、燃烧伐木过程产生的木材废料。虽然美国政府为新能源的研发提供了20多年的高额补贴，但目前，风能、太阳能、现代生物燃料（如玉米乙醇）等新型可再生能源在美国的能源供应中只占3.35%。

其实，能源供应体系转型的步伐缓慢不足为奇，这是预料之中的。在美国乃至全世界，每一次大规模地从一种主要能源过渡到另一种能源，都花了50～60年的时间—第一次转变是从木柴时代到煤炭时代；第二次是从煤炭到石油的演变。而现在，世界正在经历第三次主要能源转换，即从煤炭和石油转到天然气。2001～2012年间，美国的煤炭消费量下降了20%，原油消费量下降了7%；与此同时，天然气消费量上升了14%。虽然天然气储量丰富、廉价、相对环保，但目前美国的电力供应中仍有1/3来自煤炭发电，估计至少还需要20年左右的时间，天然气的消费量才会超过煤炭。

目前，可再生能源并没有呈现出替代性能源应有的上升趋势，而且从当前的科技水平和政府投入来看，近期内也不会有较大发展。其中的部分原因是，全球能源需求持续猛增，天然气很难跟上这种快速上升的步伐，更不用说可再生能源了。

在个别国家，可再生能源的转型或许能较快发展，但在全球范围内，这一进程将非常缓慢，特别是当前我们还在向天然气为主的能源结构转变。当然，重大技术突破或革命性的政策可以加快这一变化的进程，但通常来说，能源结构转型都会经历漫长的过程。

从木柴、煤炭到石油

为什么人们对可再生能源时代即将到来深信不疑？这可能是源于一些不切实际的想法，以及对近代能源发展史的误解。对于世界能源的消

费模式，大多数人的印象是，在19世纪工业革命时期是以煤炭为主；20世纪则是石油时代；而我们当前的世纪将属于新能源。但实际情况是：前两个印象是错误的，最后一个则仍值得怀疑。

19世纪，工业迅速崛起，但煤炭并非当时主要的能源供应来源，而更多依赖的是木柴、木炭和农作物残体（主要是谷物秸秆），它们在全球能源消费比例中占85%—当时的全球能源消费总量大约为2.4尧焦（1尧焦＝10^{24}焦耳）。1840年，煤炭在全球能源消费中的比例达到了5%，但直到1900年，这一比例也不过50%—煤炭的比重从5%增加到50%，花了50～60年的时间。美国的统计数据显示，1885年，美国能源消费中化石燃料（大部分是煤炭，还有一部分原油和少量的天然气）的比重，首次超过了木柴和木炭。这一转折点发生的时间，在法国是1875年，在日本是1901年，在苏联是1930年，在中国是1965年，而在印度则是20世纪70年代末。

同样，20世纪最大的能源供应不是来自石油，而是煤炭。20世纪初，烟煤和褐煤在全球燃料消耗中所占比重最高，达55%左右。直到1964年，早已投入使用的原油才第一次在能源占比中超过煤炭。

尽管在全球能源需求量稳步增加的大背景下，煤炭的重要性有所下降，但毫无疑问，20世纪的主导能源是煤炭而非原油：在能源消耗总量中，煤炭贡献了大概5.3尧焦，而石油只有4尧焦。仅有两大经济体完成了第三次化石能源的转换—在1984年的苏联和1999年的英国，天然气消耗量首次超过原油。

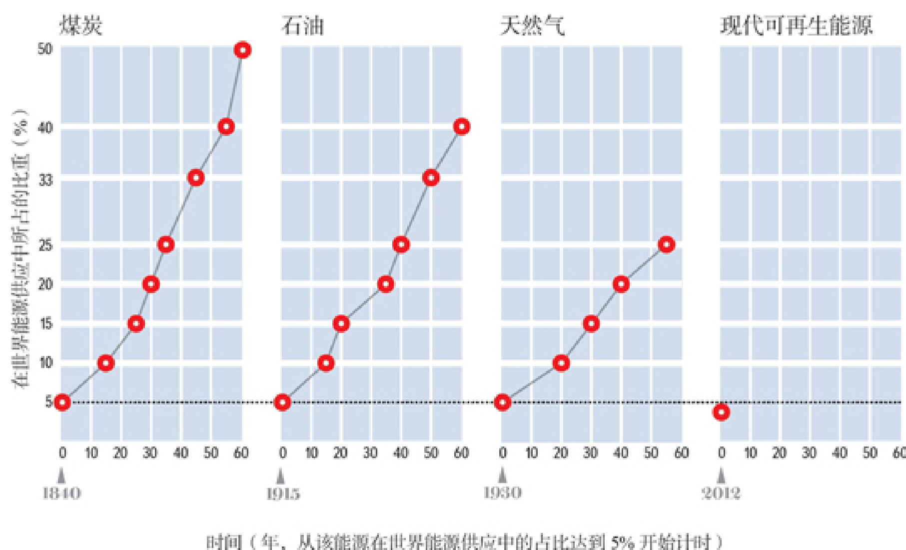
转型之路

能源转型路漫漫

任何一种能源从初露端倪，到在能源供应中的比重达到最大，成为全球能源消费中的主力军，都需要50~60年的时间。1840年，煤炭在全球能源供应中的比重首次达到5%（见左下图），然后渐渐地取代了木柴，大约在60年后的1900年，其在全球能源供应中比重上升至50%。此后，石油和天然气的转型之路也遵循了类似的模式（见图中纵轴），它们在能源消耗中的比重首次达到5%后，保持着稳步上升的态势。目前，石油的比重尚未达到并且有可能永远不会达到50%。天然气仍处于增长的中期阶段，上升过程将需要更长的时间。而所谓的现代可再生能

源（包括风能、太阳能、地热能和液体生物燃料），目前在全球能源供应中的比重仅占3.4%左右。除非有颠覆性的技术或革命性的政策来加快这一变化，否则，它们的转型之路也注定会很漫长。

“能源上升率曲线”图



能源转型是一个长期渐进的过程，这一点可以从“能源上升率曲线”得到证实—根据这一曲线，我们可以从一种能源在消费总量中的比重达到5%开始，观察它何时占据主导地位。

此前的三次能源结构转型曲线，有着惊人的相似之处。1840年前后，煤炭（取代木柴）占全球能源市场的5%，1855年占10%，1865年占15%，1870年占20%，1875年占25%，1885年占33%，1895年占45%，到1900年上升至50%。从比重达到5%开始计时，到达每一个关键百分点的时间分别用了15、25、30、35、45、55和60年。1915年，石油在消耗总量中的比重首次达5%，石油取代煤炭的时间也与煤炭取代木柴类似。大约在1930年，天然气在全球燃料份额中达到5%。从那时算起，它达到供应比重的10%、15%、20%和25%的时间分别花了20年、30年、40年和55年，现在这一比重将达到33%。比较这些数字，我们会发现，天然气占据能源总份额从5%升到25%，花的时间较长，大约是55年。相比之下煤炭只花了35年，石油是40年。

当然，仅仅靠这三组数字，并不能确定未来能源转换的发展速度。如果能提高核能的安全性，或能经济高效地储存风能和太阳能，下一次

能源转换的进程就会加快。但对两个多世纪以来，三次能源转型高度一致的步调进行分析，也非常有意义。不同的燃料需要与之配套的生产技术、输送线路，以及可将其转化为有效能源的设备（比如火车的柴油发动机、家用炉具）。要想在全球范围内采用一种新能源，必须投入巨资，建设配套的基础设施，这需要2～3代人才能完成，即50～70年。

可再生能源时代的门槛

因此，可再生能源技术的发展也会是一个缓慢的过程。2011年，可再生能源发电量占美国能源消费总量的9.39%：也就是说，97.301万亿BTU（英制热量单位，1BTU≈1054焦）的消费总量中，有9.136万亿BTU由可再生能源提供。其中，传统可再生能源提供了6.01%：水力发电占3.25%、木柴燃烧（主要是伐木过程中产生的废料）占2.04%，以及少量的生物质能和地热能。相比之下，新型可再生能源的比重仍然微不足道：液体生物燃料占2.0%、风电占1.19%、太阳能占0.16%。

新型可再生能源所占比重为3.35%，这是一个很重要的数字。未来，美国几乎所有可再生能源供应的增长，都将来自这些新型可再生能源。因为传统的可再生能源，尤其是水电，增长的潜力已经非常有限。

出于几个原因，向可再生能源的过渡面临着非常大的挑战。第一是规模。2012年，全球化石燃料使用量约为450艾焦（1艾焦＝10^{18}焦耳），是19世纪90年代（那时煤炭刚刚取代木柴）的20倍。想通过任何一种新能源，来产生这么多能量，都是十分困难的，对能源消耗接近全球1/5的美国来说更是如此。

另一个因素是风能和太阳能的不稳定性。现代社会需要可靠、不间断的电力供应，特别是在大城市，空调、地铁、互联网等基础设施需要用电，夜间的电力需求越来越大。煤炭和核电厂提供了美国电力供应的“基本负荷”—这部分电力是全天候稳定供应的。水电和燃气电厂，由于可以快速地启动和关闭，通常用来提供额外的电力，以缓解某些时段出现的暂时性用电高峰。

风能和太阳能也可以提供一些基本负荷，但它们不能单独作为所有的基本负荷的来源。因为风不会持续吹来，太阳能也无法在夜间获得，所以对这类能源供应不可能做出可靠的预测。在一些国家，例如德国，可再生能源的使用已经有了大幅增长。在晴朗有风的日子里，风能和太

阳能的发电量，可以从几乎可以忽略不计的比例增长到全部能耗需求的一半。不过，电力供应上的巨大波动，需要其他类型的电厂（通常是煤炭或天然气电厂）作为后备，或者增加电力进口。在德国，电力供应上的不稳定会严重干扰一些邻国的电力供应。

如果电力公司能在用电低谷期，以一种经济的方式储存由风能和太阳能产生的多余电量，并能在用电高峰时将其取出以满足需求，新型可再生能源的发展将有望提速。不幸的是，数十年来，研究人员只得到了一个较好的大规模解决方案—把水抽到高位水库，在水流回时通过水轮机发电。但只有少数地方拥有这样的海拔高度变化和足够的空间来实施该方案，而且该过程也会损失能量。

另一种可供选择的解决方案是，在一大片区域上，建立一个大型阵列式风能和太阳能发电厂—最好覆盖一个国家的主要地区或者半个大陆，然后通过电网相互连接，最大限度地提高发电厂为电网传输电力的能力。虽然这个方案所需的长距离电力传输在技术上是可行的，但其造价昂贵，并且经常面临当地人的强烈反对。所以美国和德国在推进这一新技术时步伐缓慢，也就不足为奇了。

要实现可再生能源的大规模利用，需要从根本上重建我们的能源基础设施。对电力系统来说，需要将数量少、规模大的火电或水电供应模式，转换为数量多、分散的小型风能和太阳能体系；对液体燃料来说，提取对象需要从高能量密度的石油，转换为低能量密度的生物燃料。相比之前的煤炭到石油再到天然气，可再生能源的转型在很多方面的要求都更为苛刻。

最后一个导致转型需要较长时间的因素是现存能源基础设施的规模和成本。即使我们可以得到完全免费的可再生能源，但对跨国公司或当地政府而言，废弃花费巨资建立起来的、总价值超过20万亿美元的化石燃料系统（包括煤矿、油井、天然气管道、炼油厂以及数以百万计的加油站），在经济上是难以接受的。据我统计，仅中国就在2001～2010年花了5000亿美元，增加了300吉瓦（1吉瓦＝10亿瓦特）的燃煤发电装机容量—这一容量超过了德国、法国、英国、意大利和西班牙的装机容量总和，预计会运行至少30年。没有国家会无视这类投资。

长路漫漫

我想澄清的一点是，减少对化石燃料的依赖，不仅可以减少温室气体的排放，还可以避免许多其他环境问题的出现。比如，化石燃料燃烧过程中排放的硫氧化物、氮氧化物，会导致酸雨和光化学烟雾；炭黑①会加剧全球变暖；重金属则有害人体健康。另外，化石燃料还会引起水污染，造成土地贫瘠。虽然一些替代能源也会对环境造成严重影响，但从总体来看，向非化石能源转型仍是利大于弊。

问题的关键在于，如何才能高效地完成新一轮能源转型？如果人们都知道转型的过程会花上数十年时间，那么在制定各种政策时，思路就会更加清晰。目前，美国和其他国家出台的一系列能源与环境保护政策都令人失望。我们需要立足现实，制定长期、有效的政策，而不是不切实际地去追求一些短期效应，草率地做出一些考虑不周的简单承诺。

数据

中国新能源

数据：2010年

中国太阳能热水器年产量达到3000万平方米（按太阳能电池板面积计算），总保有量达到1.5亿平方米，可替代2250万吨标准煤或760亿千瓦时电力，占社会总能耗的1%。

全国沼气发电容量为80万千瓦，垃圾焚烧发电装机达到50万千瓦。全国有7家万吨级生物柴油生产企业，生物柴油年产量超过100万吨。

2009年，除台湾地区，中国风电装机容量达2580.5万千瓦，全球排名上升到第2位。2010年，新增风电装机容量达1892万千瓦。

目标：2020年

全国沼气发电容量将达到150万千瓦；垃圾焚烧发电总装机将达到200万千瓦以上；到2020年，生物柴油年产量将达到900万吨。

风电将成为火电、水电之后的第三大常规电力来源，至少达到装机容量7000万千瓦，积极创造条件实现1亿千瓦，占届时发电装机容量的10%。

核电占电力总装机容量的比例将达到8%以上，核电装机容量至少达到7000万千瓦。

数据来源：《中国节能减排产业发展报告》、国家“十二五”规划

一个有效的方法是，不要过早判断哪种新能源可以替代化石能源。任何国家都无法预见，那些看起来很有前景的新能源，哪些最终能够上市。因此，作为政府决策者，他们不应该很早就对一种新能源下定论，然而当另一种看起来更有前景的新能源技术出现后，又迅速抛弃前一种——还记得依靠氢运行的快中子增殖反应堆和燃料电池车吗？最好的做法应该是广撒网，把资金投入到各种研究中——1980年时，谁能想到，30年后，美国政府在能源创新领域中，投资回报率最高的项目不是核反应堆或光伏电池，而是水平钻井和页岩气水力压裂。

政府也不应该向一些跟风的新能源厂商提供大量补贴或贷款担保。一个典型的例子是，太阳能光伏系统制造商Solyndra公司，在突然宣布破产前曾获得美国政府5.35亿美元的贷款担保。虽然政府补贴可以加快能源转型，但前提是，这些补贴政策必须基于对现实情况的评估。另外，提供补贴的同时，也需要厂商做出一些可靠的承诺，而不是被各种夸大的“解决方案”所迷惑。

同时，各种能源应该尽可能反映实际成本，包括从当前和长远看这种能源的生产对环境的影响和对人们身体健康的损害。比如，化石燃料燃烧会释放温室气体、炭黑；种植玉米提取乙醇，会引起土地侵蚀、氮素流失和水资源枯竭；建设风力和太阳能发电项目，还需要建设配套的高压超级电网。只有进行全面评估，才能揭示各种能源的长期发展优势。

加快能源转型最重要的途径就是，降低能源消费总量。能源需求增长越快，替代能源比重的增加就越困难。最新的研究表明，不论是在发达国家还是在发展中国家，通过技术手段，提高能源利用效率，将能源消耗总量减少1/3，是完全可以做到的。能源需求减少了，我们就可以逐步摆脱化石能源。发达国家必须接受这样一个事实：半个世纪以来，能源的价格虽然有所升高，但从历史的角度来看，发达国家还是最大的受益者。因此，发达国家也应该担负更大的责任和义务，付出更多的代价来承担能源对环境和人体健康造成的负面影响。

不论是一个国家还是在全球范围，能源转型都是一个充满艰辛、旷日持久的过程。这一次从化石燃料到可再生能源的转型也不例外，将需要几代人坚持不懈的努力。

扩展阅读

Energy Transitions: History, Requirements, Prospects. Vaclav Smil. Praeger, 2010.

Monthly Energy Review. U.S. Energy Information Administration. www.eia.gov/mer

The Future of Energy: Earth, Wind and Fire. Scientific American e-book available at http://books.scientificamerican.com/sa-ebooks

注释

① 炭黑：煤、石油、生物质等不完全燃烧后所形成的细小颗粒。



"十二五"国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列

ALFRED
NOBEL

改变世界的非凡发现

诺贝尔奖得主文集

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 | 编

杨振宁、科恩伯格、布莱克本……
20 位诺贝尔奖得主讲述传奇曲折的探索故事

宇宙的命运将是什么？
地球上的生命是如何诞生的？
如何捕捉能穿越人体的幽灵粒子？
大脑中隐藏着怎样的定位系统？
……



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS



“十二五”国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列



改变世界的非凡发现

诺贝尔奖得主文集

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS
北京 BEIJING

Copyright © Foreign Language Teaching and Research Press 2017

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of Foreign Language Teaching and Research Press.

本书版权由外语教学与研究出版社独家所有。如未获得该社书面同意，书中任何部分之文字及图片，不得用任何方式抄袭、节录、翻印或存储利用于任何数据库及检索系统等。

Published by Foreign Language Teaching and Research Press

No. 19 Xisanhuan Beilu

Beijing, China 100089

http://www.fltrp.com

图书在版编目（CIP）数据

改变世界的非凡发现：诺贝尔奖得主文集 /《环球科学》杂志社，外研社科学出版工作室编．--北京：外语教学与研究出版社，2017.11
（《科学美国人》精选系列）
ISBN 978-7-5135-9619-0

Ⅰ．①改…　Ⅱ．①环…②外…　Ⅲ．①自然科学 - 普及读物　Ⅳ．①N49

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第280819号

出版人　蔡剑峰
责任编辑　蔡　迪　赵凤轩
封面设计　锋尚设计
版式设计　陈　磊
出版发行　外语教学与研究出版社
社　　址　北京市西三环北路19号（100089）
网　　址　http://www.fltrp.com
版　　次　2017年12月第1版
书　　号　ISBN 978-7-5135-9619-0

凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部
举报电话：（010）88817519
电子邮箱：banquan@fltrp.com
法律顾问：立方律师事务所　刘旭东律师
　　　　　中咨律师事务所　殷　斌律师

目　录

《科学美国人》简介
《科学美国人》精选系列
序
前言
一
诺贝尔物理学奖
Nobel Prize in Physics
20世纪数学与物理的分与合
用光尺丈量时间
光波通信
延续摩尔定律的新材料
从减速到加速
囚禁离子实现量子计算
填补“绿光空白”
探测中微子
探索太阳中微子问题
二
诺贝尔化学奖
Nobel Prize in Chemistry
核小体
窥见蛋白质真相
组装生命的生物工厂
三
诺贝尔生理学或医学奖
Nobel Prize in Physiology or Medicine
替换目标基因
端粒、端粒酶与癌症
重返生命源头
细胞中的囊泡是怎么产生的？
大脑中的定位系统

《科学美国人》简介

《科学美国人》（Scientific American）创刊于1845年8月，是美国历史悠久并保持连续出版的科普杂志。《科学美国人》一直致力于用生动而严谨的文字和丰富优美的图片向大众报道最新的科学发现和技术发展动态，传播科学理念，深受几代读者的欢迎。《科学美国人》汇集了各个时代的杰出科学家和科学记者，在其170余年的出版历史中，先后有包括阿尔伯特·爱因斯坦在内的160余位诺贝尔奖获得者为该刊撰写过文章。

《科学美国人》精选系列

丛书顾问

陈宗周

丛书主编

刘　芳　　章思英

褚　波　　刘晓楠

丛书编委（按姓氏笔画排序）

丁家琦　吴　兰　何　铭　罗　凯

赵凤轩　韩晶晶　蔡　迪　廖红艳

今天没有人会再说“数学与物理世界完全没有关联”了。可是为什么“自然而真实的”、与物理世界本来无关的数学观念，是这样的“对称”，而且“支配”了宇宙间一切基本“力量”，这恐怕将是永远的不解之谜。

——杨振宁《20世纪数学与物理的分与合》

在本文刊发的这个时刻，我们如同坐在漆黑的剧院，刚看到第一幕，看到主角们——DNA和组蛋白的相互关系。然而演员还没有全部登场，谁也不知道剧情会如何展开。

——罗杰·科恩伯格、阿龙·克卢格《核小体》

端粒酶的研究提示我们，在探索自然的过程中，没有人能够预测重大发现会在何时何地浮出水面。你永远无法预料自己找到的石头是不是会变成一块宝石。

——卡罗尔·格雷德、伊丽莎白·布莱克本《端粒、端粒酶与癌症》

非科研工作者总把科学发现想象成一个客观的过程，认为只要拥有智力和严谨的逻辑就能解决问题。这种观念低估了错误、偶然的好运和不断的努力在科研中的作用。

——詹姆斯·罗斯曼、莱利奥·奥利奇《细胞中的囊泡是怎么产生的？》

序
助力科学进步　登上科学顶峰

许智宏
中国科学院院士
北京大学生命科学学院教授
中国科学院上海植物生理研究所研究员
北京大学前校长

《科学美国人》是一本面向公众的出色学术刊物，是世界科普期刊中的典范。它以科学严谨性与科学通俗性相结合为方针，把科学家与公众联系在一起，形成了独特的办刊风格。《科学美国人》的作者大多数是工作在科学研究一线的科学家，他们通过撰写文章，向公众介绍各自研究领域的突破性进展及其意义，展望未来的远景。并且这些文章展现出科学家在科研工作过程中不畏艰难曲折的奋斗精神，在传播科学知识的同时倡导科学思想、科学方法和科学精神。在这些文章的创作过程中，作者会不断与科学传播经验丰富的科学编辑讨论。这样的过程不仅可以保证读者精准获知科学进展和发展趋势，也能让读者感受到科学蕴含的乐趣，激发他们对科学的热爱。《科学美国人》独特的办刊风格，支持它走过百余年历程，在全球范围内获得科学家和大众的认可与推崇。

诺贝尔奖可谓全球科学界影响力最大的奖项，获此殊荣的人都是因为其研究对世界产生了重大的影响。《科学美国人》从1845年创刊以来，已有160余位诺贝尔奖得主在此刊物上发表文章。其中不少诺贝尔奖得主是先成为《科学美国人》的作者，后获得这项大奖的。《环球科学》杂志社与外语教学与研究出版社合作策划的“《科学美国人》精选系列”中的这本《改变世界的非凡发现——诺贝尔奖得主文集》，选择了20位在物理学、化学、医学和生理学领域获得诺贝尔奖的科学家在《科学美国人》上发表的文章。由于这些作者在各自领域做出了突出贡献，在社会上的知名度很高，他们所写的科普文章直接承载了重大科学进展

的精髓。而且更难能可贵的是，他们能以通俗易懂的方式，向普通大众讲述他们的研究思想，描述他们及其同事、合作者在科研中曲折的探索历程，展现追求真理过程中的乐趣。同时文中还配有精心绘制的插图，让读者更加易于接受和理解深奥的科学原理。从模拟生命的起源到解读宇宙的未来，从探索看不见的中微子到发明绿色发光二极管，从发现核小体的结构到解密衰老密码端粒酶，从开启神秘的量子世界到破解大脑的定位系统……这些文章拉近了读者与诺贝尔奖得主间的距离，让读者领略世界上最聪明、最有见地的大脑绽放出来的智慧火花，了解世界上最优秀人群的思想。

我相信本书可以使读者增加智慧、增强对当代科学和科学家的理解。除天赋外，这些杰出科学家的刻苦勤奋、善于与人合作以及善于捕捉机遇的能力，使他们成为成功者。急功近利、浮躁的短视者，不可能登上科学的顶峰。从这个意义上说，我希望本书的出版能有助于在我国形成一个关心和支持科学研究的良好社会环境。

许智宏

前言
科学奇迹的见证者

陈宗周

《环球科学》杂志社社长

1845年8月28日，一张名为《科学美国人》的科普小报在美国纽约诞生了。创刊之时，创办者鲁弗斯·波特（Rufus M. Porter）就曾豪迈地放言：当其他时政报和大众报被人遗忘时，我们的刊物仍将保持它的优点与价值。

他说对了，当同时或之后创办的大多数美国报刊都消失得无影无踪时，170岁的《科学美国人》依然青春常驻、风采迷人。

如今，《科学美国人》早已由最初的科普小报变成了印刷精美、内容丰富的月刊，成为全球科普杂志的标杆。到目前为止，它的作者，包括了爱因斯坦、玻尔等160余位诺贝尔奖得主——他们中的大多数是在成为《科学美国人》的作者之后，再摘取了那顶桂冠的。它的无数读者，从爱迪生到比尔·盖茨，都在《科学美国人》这里获得知识与灵感。

从创刊到今天的一个多世纪里，《科学美国人》一直是世界前沿科学的记录者，是一个个科学奇迹的见证者。1877年，爱迪生发明了留声机，当他带着那个人类历史上从未有过的机器怪物在纽约宣传时，他的第一站便选择了《科学美国人》编辑部。爱迪生径直走进编辑部，把机器放在一张办公桌上，然后留声机开始说话了："编辑先生们，你们伏案工作很辛苦，爱迪生先生托我向你们问好！"正在工作的编辑们惊讶得目瞪口呆，手中的笔停在空中，久久不能落下。这一幕，被《科学美国人》记录下来。1877年12月，《科学美国人》刊文，详细介绍了爱迪生的这一伟大发明，留声机从此载入史册。

留声机，不过是《科学美国人》见证的无数科学奇迹和科学发现中的一个例子。

可以简要看看《科学美国人》报道的历史：达尔文发表《物种起源》，《科学美国人》马上跟进，进行了深度报道；莱特兄弟在《科学

美国人》编辑的激励下，揭示了他们飞行器的细节，刊物还发表评论并给莱特兄弟颁发银质奖杯，作为对他们飞行距离不断进步的奖励；当“太空时代”开启，《科学美国人》立即浓墨重彩地报道，把人类太空探索的新成果、新思维传播给大众。

今天，科学技术的发展更加迅猛，《科学美国人》的报道因此更加精彩纷呈。新能源汽车、私人航天飞行、光伏发电、干细胞医疗、DNA计算机、家用机器人、“上帝粒子”、量子通信……《科学美国人》始终把读者带领到科学最前沿，一起见证科学奇迹。

《科学美国人》也将追求科学严谨与科学通俗相结合的传统保持至今并与时俱进。于是，在今天的互联网时代，《科学美国人》及其网站当之无愧地成为报道世界前沿科学、普及科学知识的最权威科普媒体。

科学是无国界的，《科学美国人》也很快传向了全世界。今天，包括中文版在内，《科学美国人》在全球用15种语言出版国际版本。

《科学美国人》在中国的故事同样传奇。这本科普杂志与中国结缘，是杨振宁先生牵线，并得到了党和国家领导人的热心支持。1972年7月1日，在周恩来总理于人民大会堂新疆厅举行的宴请中，杨先生向周总理提出了建议：中国要加强科普工作，《科学美国人》这样的优秀科普刊物，值得引进和翻译。由于中国当时正处于“文革”时期，杨先生的建议6年后才得到落实。1978年，在“全国科学大会”召开前夕，《科学美国人》杂志中文版开始试刊。1979年，《科学美国人》中文版正式出版。《科学美国人》引入中国，还得到了时任副总理的邓小平以及时任国家科委主任的方毅（后担任副总理）的支持。一本科普刊物在中国受到如此高度的关注，体现了国家对科普工作的重视，同时，也反映出刊物本身的科学魅力。

如今，《科学美国人》在中国的传奇故事仍在续写。作为《科学美国人》在中国的版权合作方，《环球科学》杂志在新时期下，充分利用互联网时代全新的通信、翻译与编辑手段，让《科学美国人》的中文内容更贴近今天读者的需求，更广泛地接触到普通大众，迅速成为了中国影响力最大的科普期刊之一。

《科学美国人》的特色与风格十分鲜明。它刊出的文章，大多由工作在科学最前沿的科学家撰写，他们在写作过程中会与具有科学敏感性和科普传播经验的科学编辑进行反复讨论。科学家与科学编辑之间充分交流，有时还有科学作家与科学记者加入写作团队，这样的科普创作过

程，保证了文章能够真实、准确地报道科学前沿，同时也让读者大众阅读时兴趣盎然，激发起他们对科学的关注与热爱。这种追求科学前沿性、严谨性与科学通俗性、普及性相结合的办刊特色，使《科学美国人》在科学家和大众中都赢得了巨大声誉。

《科学美国人》的风格也很引人注目。以英文版语言风格为例，所刊文章语言规范、严谨，但又生动、活泼，甚至不乏幽默，并且反映了当代英语的发展与变化。由于《科学美国人》反映了最新的科学知识，又反映了规范、新鲜的英语，因而它的内容常常被美国针对外国留学生的英语水平考试选作试题，近年有时也出现在中国全国性的英语考试试题中。

《环球科学》创刊后，很注意保持《科学美国人》的特色与风格，并根据中国读者的需求有所创新，同样受到了广泛欢迎，有些内容还被选入国家考试的试题。

为了让更多中国读者了解世界科学的最新进展与成就、开阔科学视野、提升科学素养与创新能力，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社展开合作，编辑出版能反映科学前沿动态和最新科学思维、科学方法与科学理念的“《科学美国人》精选系列”丛书，包括“科学最前沿”、“专栏作家文集”、《不可思议的科技史》、《再稀奇古怪的问题也有个科学答案》、《生机无限：医学2.0》、《快乐从何而来》、《2036，气候或将灾变》和《改变世界的非凡发现》等。

丛书内容精选自近几年《环球科学》刊载的文章，按主题划分，结集出版。这些主题汇总起来，构成了今天世界科学的全貌。

丛书的特色与风格也正如《环球科学》和《科学美国人》一样，中国读者不仅能从中了解科学前沿和最新的科学理念，还能受到科学大师的思想启迪与精神感染，并了解世界最顶尖的科学记者与撰稿人如何报道科学进展与事件。

在我们努力建设创新型国家的今天，编辑出版“《科学美国人》精选系列”丛书，无疑具有很重要的意义。展望未来，我们希望，在《环球科学》以及这些丛书的读者中，能出现像爱因斯坦那样的科学家、爱迪生那样的发明家、比尔·盖茨那样的科技企业家。我们相信，我们的读者会创造出无数的科学奇迹。

未来中国，一切皆有可能。

陈宗周

—

诺贝尔物理学奖
Nobel Prize in Physics

杨振宁

1957年 / 诺贝尔物理学奖

约翰·霍尔

2005年 / 诺贝尔物理学奖

威拉德·博伊尔

2009年 / 诺贝尔物理学奖

安德烈·海姆

2010年 / 诺贝尔物理学奖

亚当·里斯

2011年 / 诺贝尔物理学奖

戴维·瓦恩兰

2012年 / 诺贝尔物理学奖

中村修二

2014年 / 诺贝尔物理学奖

梶田隆章

2015年 / 诺贝尔物理学奖

阿瑟·麦克唐纳

2015年 / 诺贝尔物理学奖

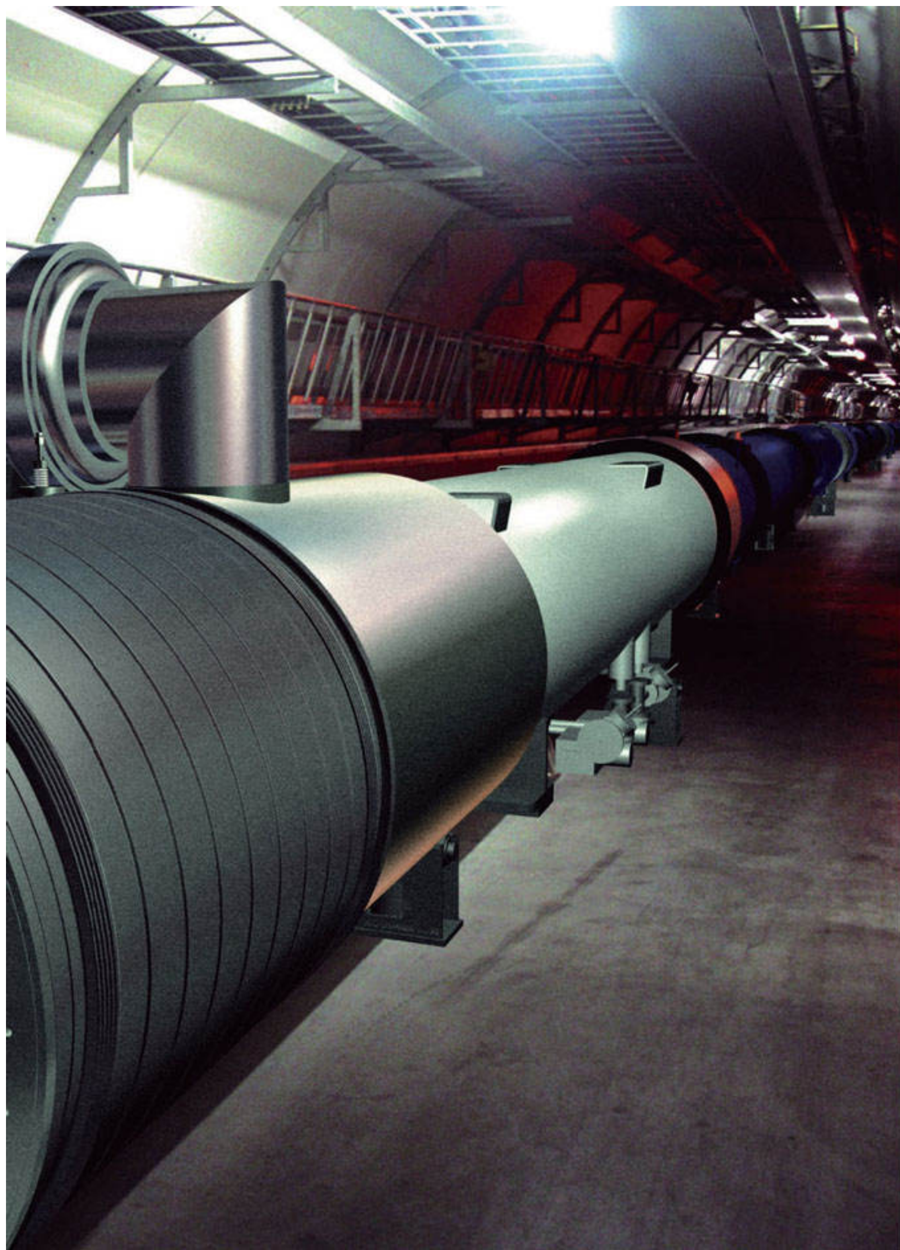
20世纪数学与物理的分与合

大家都知道，数学跟物理是自然科学里两个非常重要的分支，也是最古老的几个分支里面的两个。从历史上看，数学跟物理的关系非常密切，而且互相影响。

撰文 / 杨振宁



本文作者杨振宁因提出弱相互作用中宇称不守恒理论，获得1957年诺贝尔物理学奖。本文刊发于《科学美国人》中文版《环球科学》2008年第10期。



欧洲核子研究中心的大型强子对撞机（局部）

杨振宁，著名物理学家，1957年因与李政道共同提出宇称不守恒理论而获得诺贝尔物理学奖。他和罗伯特·米尔斯共同提出的杨–米尔斯理论，即非阿贝尔规范理论，是粒子物理标准模型的基础，对基础物理学产生了深远的影响。他还与吴大峻合作研究了规范理论与数学上纤维丛的密切联系。

在中国的传统里大家讲“书画同源”，就是说书法跟绘画是从一个源头来的；那么我们也可以说，数学跟物理历史上也是同源的。比如说微积分，当然大家知道它是数学里一个关键性的基本发展，是从牛顿（Newton）的万有引力研究里发展出来的。事实上，牛顿在研究万有引力定律的时候，中间发生了一个数学问题，他为解决这个数学问题，花了不止十年的工夫。而解决的方法，就是后来的微积分。

数学分析跟动力学也是一起发展的：在牛顿的工作以后，数学家跟物理学家要研究行星、卫星（比如说月亮）、潮汐规律的时候，将牛顿所发展的微积分跟万有引力定律进一步发展。一些大数学家，像皮埃尔–西蒙·拉普拉斯（Pierre-Simon Laplace）和约瑟夫–路易斯·拉格朗日（Joseph-Louis Lagrange），发展了数学分析和动力学，所以这两个学科也是一起成长的。



麦克斯韦（1831～1879年）

可是自19世纪末以来，数学变得越来越抽象。1961年，有一个有名的美国数学家，名叫马歇尔·斯通（Marshall Stone）。我在芝加哥大学

做研究生的时候，他是芝加哥大学数学系的主任，他把芝加哥大学数学系的地位给大大地提高了。所以现在芝加哥大学的人说，在芝加哥，那个时候——20世纪50年代、60年代初，是马歇尔·斯通时代。他在1961年发表了一篇半通俗的文章，其中讲了这么几句话："自1900年起，数学跟我们对于数学的一些观念，出现了非常重要的变化（他所谓出现了非常重要的变化就是越来越抽象），其中最富革命性的发展体现在原来数学完全不涉及物理世界。"再清楚一点说（这还是他的话），"数学与物理世界完全没有关联。"他讲的这个话确实是当时数学发展的整个趋势。当时数学发展就是要研究一些数学结构之间互相的、非常美的、非常妙的关系，这是当时数学思想的主流。所以在20世纪中叶，数学跟物理完全分家了。

这个半世纪以前的情形，与今天已经大不一样了。我要跟大家谈的，就是这个分开的关系怎么又合了起来。要谈这件事情我们要回到詹姆斯·克拉克·麦克斯韦（James Clerk Maxwell）。麦克斯韦是19世纪最伟大的理论物理学家。他在19世纪中叶写下了有名的麦克斯韦方程式。

他把以前关于电与磁的四个实验定律写成了四个数学方程式（麦克斯韦方程式）。这些方程式是今天电气时代、无线电时代与网络通信时代的基础。没有这些方程式，人类今天的生活不可能是现在的样子。

$$\nabla \cdot E = 4\pi\rho \qquad \nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times E = -\frac{1}{c}\dot{B} \qquad \nabla \times B = \frac{4\pi}{c}j + \frac{1}{c}\dot{E}$$

麦克斯韦方程式

1915年到1916年，阿尔伯特·爱因斯坦（Albert Einstein）发表了广义相对论，把引力理论变成一个几何化的理论。文章发表以后，他又写出文章，说另外还有一种力量，即电磁力，也必须要几何化。

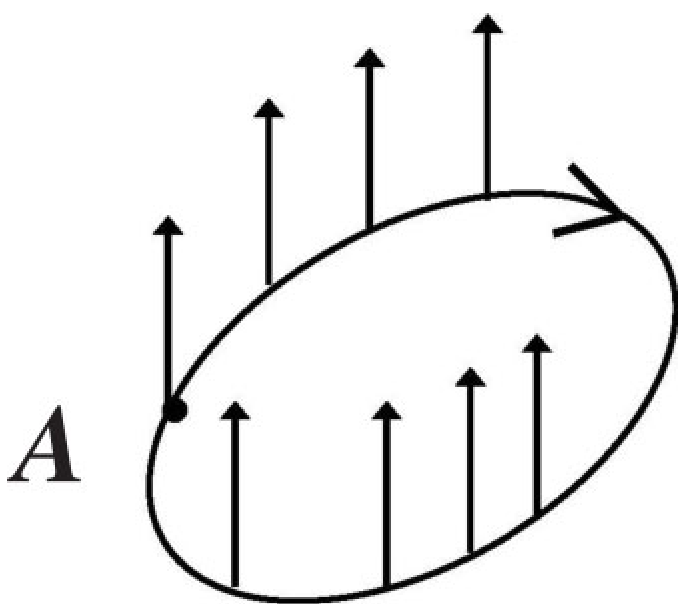


外尔（1885～1955年）

一两年以后，有一个数学家名叫赫尔曼·外尔（Hermann Weyl），响应了爱因斯坦这个号召。外尔是大家公认的20世纪最伟大的数学家之一，他的工作领域是纯粹数学，是非常抽象的。可是他大胆提出来一个关于电磁学的理论。

我于1949年到普林斯顿高等研究院做博士后，那个时候他是高等研究院的一个教授，所以我见过他多次。可是那个时候我感兴趣的、我同辈的物理学家们感兴趣的领域，都跟当时赫尔曼·外尔感兴趣的数学没有关系，所以我们跟他只是在鸡尾酒会上有一些交谈。在我的记忆之中，我从来没有和他谈过一些学术上的问题。

在1918年、1919年，外尔发表了几篇文章，他认为他想出来了一个办法能够把电磁学几何化。他先讨论平行移动。这是爱因斯坦的几何中一个重要观念。平行移动是什么意思呢？



假如我在平面上画一个圈，从A点走回来。在A点上我画一个向量（一个箭头），然后当我走的时候，尽量使得那个向量平行于自己，这样走回来，当然它还是在原来的方向。可是这只是因为我是在平面上。假如我是在一个曲面上，比如说在一个球面上画一个圈，从一个原点A出发，在那个地方放一个向量，然后尽量使得这个向量在移动的时候跟自己平行，那么你可以想象，转了一圈回来以后，向量就不一定跟原来的方向一样了。所以在一个曲面上，经过平行移动的向量未必回到它原来的方向。

B

A

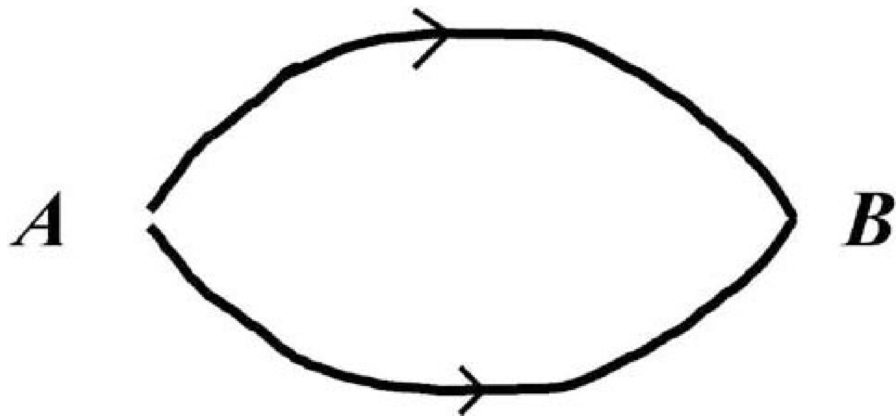
$$\exp \int_A^B \varphi_\mu \mathrm{d}x^\mu$$

于是外尔问，“为什么长度不能也这样？”假如是这样，“一个向量的长短为什么不可以也改变？”也就是说，如果让向量的长短也在移动中继续不断地改变，那么回到原来的A点，既然向量的方向可以不一样了，

为什么它的长短不可以也不一样了？这是他的关键想法。为了贯彻此想法，他说在右图中，自A到B，一路上尺的长短都在不断改变，改变的因子如图所示。他给此因子起了一个很长的名字，翻译出来应是“比例因子”。他说此因子中的φ_μ应为电磁势eA_μ。然后他说虽然移动一圈回来有些量改了，但是仍有一些不改的量，这些不改的量才是真正的电磁现象，这样他就给了电磁现象一个几何意义。

外尔把他的理论叫做尺度不变（Masstab Invarianz）理论。这个名词后来被翻译成规范不变（Gauge Invariance）。

他把他的文章投到德国普鲁士科学院去发表。普鲁士科学院请爱因斯坦审稿。爱因斯坦一针见血地指出一个大问题。他说我在A放一样长的两个尺，一个尺从一个路径走到B，另外一个尺从另外一个路径走到B，根据外尔的讲法，到了B的地方，这两个尺就不一定一样长了。那么本来是标准尺，后来哪个算是标准尺呢？没法做标准尺，就不能做任何物理实验，整个物理学就要垮台。这真是一针见血的批评。



非常幸运的是，编者们依然把外尔的文章发表了，后面加了爱因斯坦的后记，提出他的批评。然后又请外尔写了一个后后记放在最后面。在这后后记里外尔怎么个讲法呢？后后记很短，只是一段，说爱因斯坦所讲的意思跟他讲的不一样。可是他没讲清楚到底是怎么不一样法。他以后又写了好多文章，都是哲学讨论，没有公式。显然，他对于他的想法仍然热衷，可是他始终不能够回应爱因斯坦的反对。

6年以后，量子力学的发展把这个问题解决了。量子力学跟刚才讲的发展，本来是没有关系的。量子力学是人类历史上的一个大革命，它发展以后，人们发现基本物理里要用到$i=\sqrt{-1}$。在座的学过高中数学，

恐怕还记得有这个i。它在量子力学以前，在物理里也出现过，可是不是基本的，只是一个工具。到了量子力学发展以后，它就不只是个工具，而是一个基本观念。为什么基础物理学必须用这个抽象的数学观念：虚数i，现在没有人能解释。底下我还要回到这一点上。

量子力学发展于1925年到1926年。一两年以后，弗拉基米尔·福克（Vladimir Fock）在苏联，弗里茨·伦敦（Fritz London）在德国，分别指出外尔当初那个很长名字的因子中，得加一个i上去。

$$\exp\int\varphi_\mu \mathrm{d}x^\mu \rightarrow \exp\int \mathrm{i}\varphi_\mu \mathrm{d}x^\mu$$

加了一个i以后，本来是一支尺的长短变化，现在不是长短变化，而是相位变化，所以外尔的因子就变成了相位因子。加了i以后，外尔的想法与电磁学完全符合，就变成1929年以来大家完全同意的理论。当然有了i，规范理论其实应该改为新名——相位理论，规范不变理论也应改为新名——相位不变理论，可是因为历史关系，大家今天仍然沿用旧名。

长短变化改为相位因子变化以后，爱因斯坦的反对理由也就不存在了。

1929年以后，大家同意从规范理论出发来看电磁现象，会发现这种现象是很漂亮的数学观念，可是并没有人由此引出任何新的物理结果。

1946年到1948年，我是美国芝加哥大学的研究生，对外尔的规范不变理论之美妙十分欣赏。我尝试把它推广，把电磁势A_μ推广为2x2的方阵B_μ。这个想法引出的头几步计算很成功，可是推广到电磁场$F_{\mu\nu}$时却导出了冗长的丑陋公式，使得我不得不把此想法搁置下来。

以后几年，许多新的基本粒子被发现，它们之间的相互作用成了热门题目。我想规范不变性也许是一个普遍的相互作用原则，所以又回到上面提到的推广外尔的规范不变理论上来。这次遇到了同样的困难，进行了同样的尝试以后我只得再次放弃。如此每一两年重复一次，却都没有进展。

1953年到1954年我在美国布鲁克黑文国家实验室访问一年，和一位年轻的物理学家罗伯特·米尔斯（Robert Mills）共享一个办公室。我们一起讨论此问题，当然又遇到了同样的困难。不过这次我们没有放弃，而是尝试将推广电磁场$F_{\mu\nu}$时的公式稍微修改一下。这个想法果然灵，数天以后，用了下面的公式，所有冗长的计算都自然化简了，得到了一个极美的、极简单的理论！这就是现在被称为“非阿贝尔规范理论”的雏形。

$$F_{\mu\nu} = \frac{\partial B_\mu}{\partial x_\nu} - \frac{\partial B_\nu}{\partial x_\mu} + ie(B_\mu B_\nu - B_\nu B_\mu)$$

规范理论中的一个公式

我们的理论于1954年发表，可是它不能被当时关于新粒子的实验结果证实。等到十多年以后，通过好多人的工作，引进来了另一个新的观念叫“对称破缺”。把“对称破缺”跟非阿贝尔规范理论合在一起，才跟实验对上。以后几十年，上千个实验证实这个理论跟实验完全符合。它今天被称为标准模型，是基础物理学里一个重要的基石。2008年在瑞士日内瓦建成的大型加速器——大型强子对撞机是当时最新的研究标准模型的大设备。

我在70年代总结了这一切发展的精神，说这是“对称支配力量”。因为规范不变其实是一种对称，一种与圆的对称、晶体的对称、左右对称等观念类似，但是是更深入、更抽象的对称。



瑞士欧洲核子研究中心的全图。在图中大圈下100米处的地下隧道中已经建成一个大型加速器——大型强子对撞机。图中左下方是日内瓦国际机场的跑道。

1969年我在美国纽约州立大学斯托尼布鲁克分校教书的时候，教了一个学期的广义相对论。有一天我在黑板上写下了广义相对论中有名的黎曼张量公式。当时我就想它有点像我所熟悉的上面那个公式。下课后把二者仔细对比，最后发现原来二者不只是像，而是完全相同——假如把一些数学符号正确地对应起来的话。

$$F_{\mu\nu}=\frac{\partial B_{\mu}}{\partial x_{\nu}}-\frac{\partial B_{\nu}}{\partial x_{\mu}}+\mathrm{i}e(B_{\mu}B_{\nu}-B_{\nu}B_{\mu})$$

$$R^{l}_{ijk}=\frac{\partial}{\partial x^{j}}\begin{Bmatrix} l \\ ik \end{Bmatrix}-\frac{\partial}{\partial x^{k}}\begin{Bmatrix} l \\ ij \end{Bmatrix}+\begin{Bmatrix} m \\ ik \end{Bmatrix}\begin{Bmatrix} l \\ mj \end{Bmatrix}-\begin{Bmatrix} m \\ ij \end{Bmatrix}\begin{Bmatrix} l \\ mk \end{Bmatrix}$$

上面是规范理论公式，下面是广义相对论中的黎曼张量公式，二者其实完全相同。

这个发现使我震惊：原来规范理论与广义相对论的数学结构如此相似！我立刻到楼下数学系去找系主任吉姆·赛蒙斯（Jim Simons）。他是我的好朋友，可是那以前我们从来没有讨论过数学。那天他告诉我，不稀奇，二者都是不同的“纤维丛”，那是20世纪40年代以来数学界的热门新发展！

后来赛蒙斯花了两个多星期的工夫，给我们几个物理学家讲解纤维丛理论。学到了纤维丛的数学意义以后，我们知道它是很广很美的学问，而电磁学中的许多物理观念原来都有纤维丛的对应观念。于是1975年吴大峻和我合写了一篇文章，用物理学的语言解释电磁学与数学家们的纤维丛理论的关系。文章中我们列出了一个表（见下表），是一个“字典”。表中左边是电磁学（规范理论）名词，右边是对应的纤维丛名词。

规范场术语	纤维丛术语
规范或整体规范	主坐标丛
规范形式	主纤维丛
规范势	主纤维丛上的联络
S	转移函数
相因子	平行移动
场强	曲率
源	?
电磁作用	U(1)丛上的联络
同位旋规范场	SU(2)丛上的联络
狄拉克的磁单极量子化	按第一陈类将U(1)丛分类
无磁单极的电磁作用	U(1)平凡丛上的联络
有磁单极的电磁作用	U(1)非平凡丛上的联络

字典中左边有一项“源”，右边没有对应，因为赛蒙斯说纤维丛理论中没有这个观念。后来美国麻省理工学院的数学家伊萨多·辛格（Isadore Singer）来纽约州立大学斯托尼布鲁克分校访问，我和他谈了此事。他随后去英国牛津大学，带了吴大峻和我的文章，与迈克尔·阿提耶（Michael Atiyah）和奈杰尔·希钦（Nigel Hitchin）写了一篇关于无“源”的文章。因为他们在数学界的名望很高，规范场与纤维丛的密切关系很快就传遍数学界，从而引起了以后这些年物理与数学重新合作的高潮。

20世纪80年代开始，赛蒙斯辞去了斯托尼布鲁克分校的职务，转而进入华尔街，成了最成功的对冲基金经理。2001年聂华桐和我请赛蒙斯夫妇到位于北京的清华大学访问，那是他们第一次访问中国。回去后他们夫妇慷慨捐赠一百多万美元给清华建了一座“陈赛蒙斯楼”。陈是指陈省身教授（1911～2004年）。他是数学大师，曾和赛蒙斯合写过一篇关于陈–赛蒙斯不变式的文章，现在在物理中极具重要性。



杨振宁、赛蒙斯夫妇等（2005年摄于清华大学）

陈省身先生在20世纪30年代曾是我父亲的学生，抗战时期在昆明西南联大我又曾是他的学生。他在纤维丛理论方面曾做过重要的奠基性的工作。我在1980年发表的一篇文章里说（译自英文）：

1975年，规范场就是纤维丛上的联络的事实使我非常激动。我驾车去陈省身在伯克利附近埃尔塞里托的家。（1940年初，当我是西南联大的学生，陈省身是年轻教授的时候，我听过他的课。那是在陈省身推广高斯–博内定理和“陈氏级”的历史性贡献之前，纤维丛在微分几何中还不重要。）我们谈到朋友、亲戚和中国。当我们谈到纤维丛时，我告诉他我从赛蒙斯那里学到了漂亮的纤维丛理论以及深奥的陈省身–外尔定理。我说，令我惊诧不已的是，规范场正是纤维丛上的联络，而数学家是在不涉及物理世界的情况下搞出来的。



杨振宁与陈省身（1985年摄于斯托尼布鲁克）

我又说："这既使我震惊，也令我迷惑不解，因为，你们数学家居然能凭空想出这些概念。"他立即反对说："不，不，这些概念不是凭空想出来的。它们是自然而真实的。"

今天没有人会再说"数学与物理世界完全没有关联"了。可是为什么"自然而真实的"、与物理世界本来无关的数学观念，是这样的"对称"，而且"支配"了宇宙间一切基本"力量"，这恐怕将是永远的不解之谜。

用光尺丈量时间

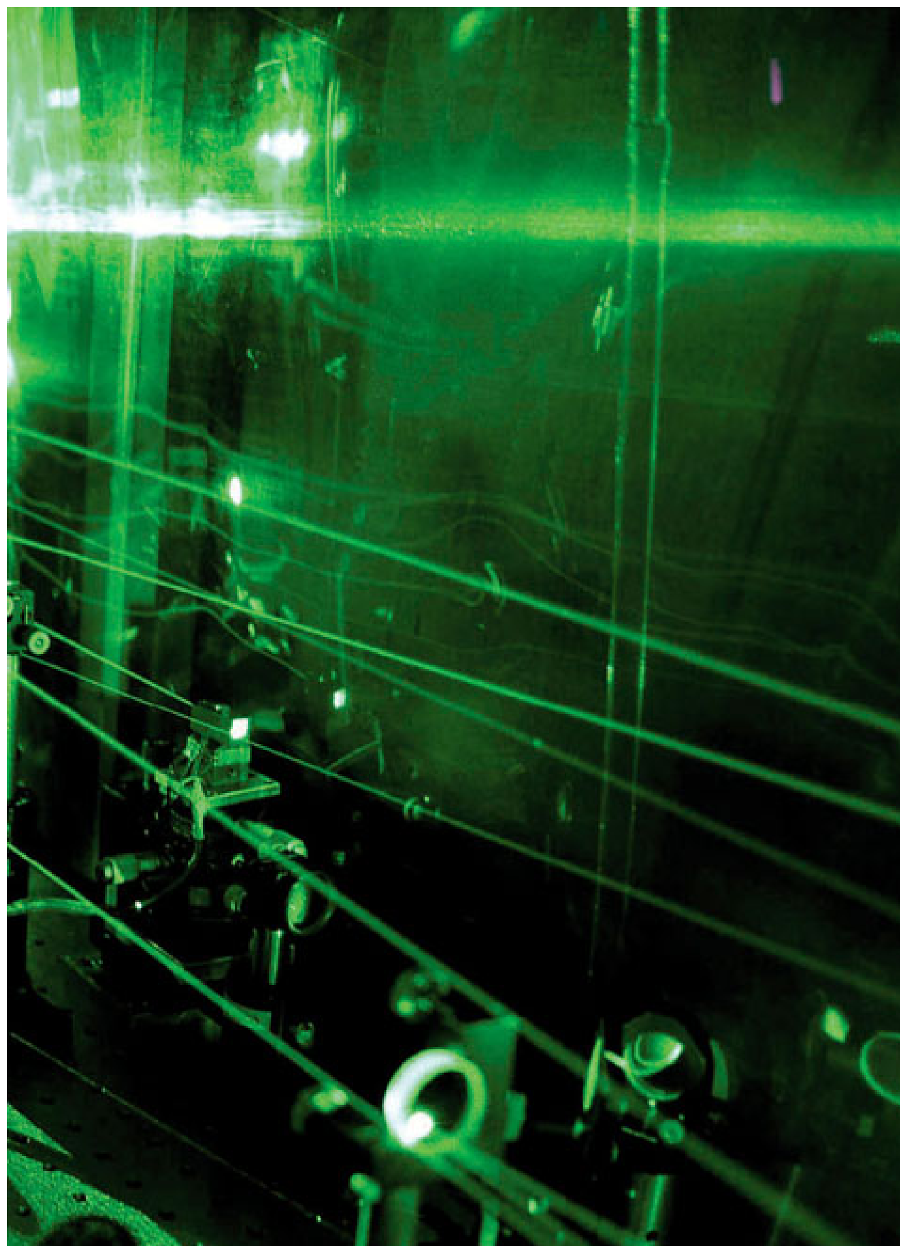
科学家研制出一把特殊的“光尺”，能在可见光频谱中标出数十万道间隔相等的刻度。利用这把光尺，能实现对激光频率的精确测量，还能将“秒”定义的精度提高上百倍。

撰文／史蒂文·坎迪夫（Steven Cundiff）
叶军（Jun Ye）
约翰·霍尔（John Hall）
翻译／毕志毅　马龙生



本文作者之一约翰·霍尔因在光学相干的量子理论方面的贡献，获得2005年诺贝尔物理学奖。本文刊发于《科学美国人》2008年第4期。

本文译者毕志毅、马龙生，翻译本文时任职于精密光谱科学与技术国家重点实验室，都是华东师范大学物理学系教授，主要从事光场时域–频域精密控制和超灵敏精密激光光谱技术的研究。



史蒂文·坎迪夫、叶军和约翰·霍尔都隶属于美国天体物理联合实验室，合作研制和应用飞秒光学频率梳。霍尔从事超稳连续波激光精密测量研究达40多年，是该研究领域的领导者，在光梳技术等方面有突出贡献。叶军的研究生涯开始于1993年，当时他主要关注超稳连续波激光。光梳技术出现后，他已经在超快激光的各个领域做出了重要的贡献。坎迪夫从1998年开始与霍尔和叶军的课题组展开合作。在此之前，他从事超快激光方面的研究，主要研究方向为光谱学和锁模激光器。

一眨眼的工夫，可见光的光波就能完成一千万亿（10^{15}）次周期振荡。如此高的频率既提供了机遇，也提出了挑战。机遇意味着：不论是实验室内的科学研究，还是实验室外的技术应用，这种频率都将拥有广阔的前景。它使我们能够以超乎想象的精度去测量频率和时间。以这些精密测量技术为基础，科学家才能对一些自然规律进行精确检验，建立起全球定位系统（GPS）之类的高精度定位系统。挑战则集中在：能够有效测量低频电磁波（如微波）的成熟技术，似乎不能简单套用到高频率的可见光光波上。

得益于十余年来激光物理学中取得的革命性突破，研究人员已经掌握了一些技术，能够充分发挥可见光的潜力——由于频率过高，过去的科学家一直无法充分发挥这些潜力。确切地说，科学家已经发明了一种被称为光学频率梳（简称光梳）的激光。它如同一把万能光尺，拥有数万到数十万道紧密相间的“刻度”，能够对光学频率实现极其精密的测量。利用这种光梳，科学家能够在可见光与微波巨大的频率跨度间架起“桥梁”：借助光学频率梳测量微波频率的超精密技术，也能同样精准地测定可见光的频率。

科学家正在进行各种应用开发。利用光学频率梳，不仅可以研制新一代更精确的原子钟及超灵敏的化学探测器，还能开发利用激光控制化学反应的方法。光梳能够大大提高激光雷达的探测灵敏度和探测范围，还能极大地增加光通信系统中光纤传输的信号量（见第18页图文框）。

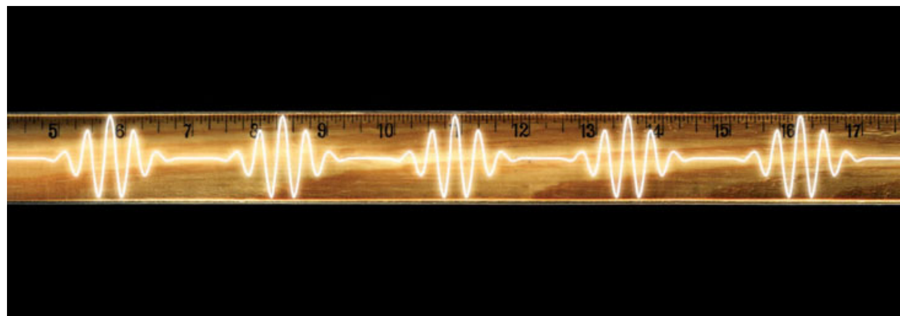
光学频率梳

- 新型激光光学频率梳可以比以往任何方法都更精确、更简便地测量光学频率及时间间隔。
- 光梳由均匀间隔的超短激光脉冲序列构成，它的光频谱分布如同一把梳子，拥有上万根“梳齿”。

- 光梳可以用来制作更精准的原子钟和超灵敏的化学探测器，还能实现化学反应的激光控制，增大光纤通信容量，提高激光雷达灵敏度等。

光梳极大地简化了高精度测量光学频率的方法。在20世纪，这样的测量需要许多博士相互配合，在好几个放满单频激光器的房间里不停忙碌。如今，利用光学频率梳，一个研究生仅需一个简单的仪器设备就能完成这项工作。新型光学原子钟也得益于这种简单的光梳。祖辈使用的摆钟，通过齿轮组记录钟摆的摆动次数，并缓慢驱动指针转动；光学原子钟则利用光学频率梳测量光的振荡，将振荡频率转换为可用的电子信号。2007年，研究人员用光学频率梳进行了原子钟实验研究，发现其超越了数十年来被认为是世界上最精准时钟的铯原子钟系统。

从某些意义上说，光梳的出现对光学研究产生的影响，不亚于100多年前的发明——示波器所引起的电子技术飞跃。示波器宣告了现代电子时代的到来，它能够直接显示信号波形，为电视机、手机等电子设备的研制提供了便利。然而，可见光的振荡频率，比示波器能够显示的最高频率还要高1万倍。有了光学频率梳，显示光的波形才有可能成为现实。

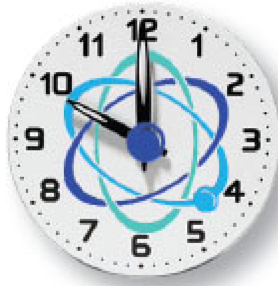


激光脉冲可以构成一把“光尺”，借助它科学家能非常精确地测量其他激光的频率。

光梳技术应用

光学原子钟

光学原子钟是迄今为止人类制造的最精准的时钟，它们的精度已经超过了1967年以来一直作为时间标准的微波原子钟。光学原子钟将在空间导航、卫星通信、基础物理问题的超高精度检验，以及其他测量中发挥重要的作用。

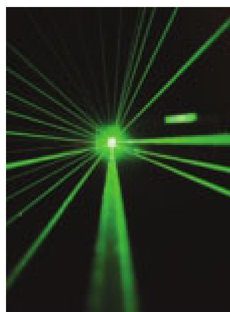


化学探测器

研究人员已经演示了利用光梳研制的超灵敏化学探测器，目前正在研制商业化仪器的样机。这种探测器能够让安检人员更快捷地识别爆炸物及危险病原体等有害物质，让医生通过检测病人呼出气体的化学成分来诊断疾病。

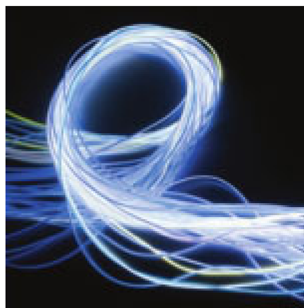
超级激光器

利用光学频率梳，许多激光器输出的激光脉冲可以合成为单束光脉冲序列。合成激光的相干性极好，就像是同一个激光器发出的一样。这种技术将来有望对从无线电波到X射线的电磁波谱实现相干控制。



远距离通信

只需一把光梳，而不必用原先所需的多台激光器，就能使单根光纤传输的信号量增加好几个数量级。各信道之间的干扰将减少。安全通信尤其会从光梳的运用上获得许多好处。



操控化学反应

科学家正在研究如何使用相干激光来控制化学反应，光梳将使这种技术变得更可预测、更加可信。光梳还有助于开发新一类“超冷化学反应”。将来，光梳将用于操控生物反应，这远比其他化学反应复杂得多。



激光雷达

激光雷达用激光来测定远距离目标的位置、速度和性质。用光学频率梳产生具有特定波形的激光，有望将激光雷达的灵敏度和探测范围提高几个数量级。

光学频率梳的种种应用，要求能够在很宽的频谱范围内对可见光波进行精密控制。无线电波的精密控制技术早已成熟，不过直到最近，精密控制可见光波才成为可能。借用音乐打一个比方，可以帮助我们理解光梳要求达到的控制水平。在光梳发明之前，激光器只能产生单色光，就像一把只有一根琴弦而且没有指板的小提琴，只能演奏出一个音（事实上，一根琴弦演奏出的乐音是复合音，除基音外还包含泛音，不过此处忽略这种情况）。即便只演奏一小段简单的旋律，也必须使用许多把不同的小提琴。每一把都要花很大工夫进行调音，还必须配备一位演奏者，就像每台单频激光器都要由不同的人来操作一样。

相反，只需一个人操作一台光梳，就能覆盖全部的光学频谱。这位操作员不只像一位坐在钢琴前演奏的钢琴家，更像一位弹奏可编程电音合成器的键盘手，不光能够模仿任意乐器，甚至能一个人完成整个管弦乐队的演奏。事实上，光梳技术能够将数十万个光学“音”合成为一部荡气回肠的“光学交响乐”。

光梳结构

光学频率梳由一类被称为锁模激光器的装置产生，这种装置能够产

生超短光脉冲。为了理解光脉冲的重要特征，不妨先来想象一下由另一种主要激光器——连续波激光器发出的光波。在理想情况下，这种光波是一串极为规则的无穷振荡序列（代表着光波中电场的振荡），它们振幅相同，速度也恒定不变。锁模激光器发出的光脉冲则不同，它是一系列振荡序列较短的波，这些波的振幅从零上升到最大值，然后再降回到零（见第20页图）。最短的脉冲持续时间不到10飞秒（1飞秒等于10^{-15}秒），仅包含几个完整的光波振荡。光脉冲的分布轮廓被称为包络。这种脉冲可以被想象成一个连续光波（即载波），它的振荡波幅受到了包络幅度的调制。

超短光脉冲的载波由单一频率的光构成。这种光的谱图呈现为该频率处的一条竖线，这表示只存在该频率的光波。也许你会想当然地以为，光脉冲也仅由该频率的光构成，毕竟它只是振荡幅度发生改变的单频率载波。但实际情况要复杂得多：光脉冲是许多不同频率光的组合，这些光将在一起共同传输。这些频率构成了一个以载波频率为中心的、小而连续的频带。光脉冲越短，频带就越宽。

最佳的呼吸分析器

光学频率梳可以快速检测人体呼出的气体分子，从而推断人体的健康状态。

甲胺：肺及肾脏疾病。

氨：肾衰竭。

乙烷：某些类型的癌症。

碳同位素比例：体内存在幽门螺旋杆菌。

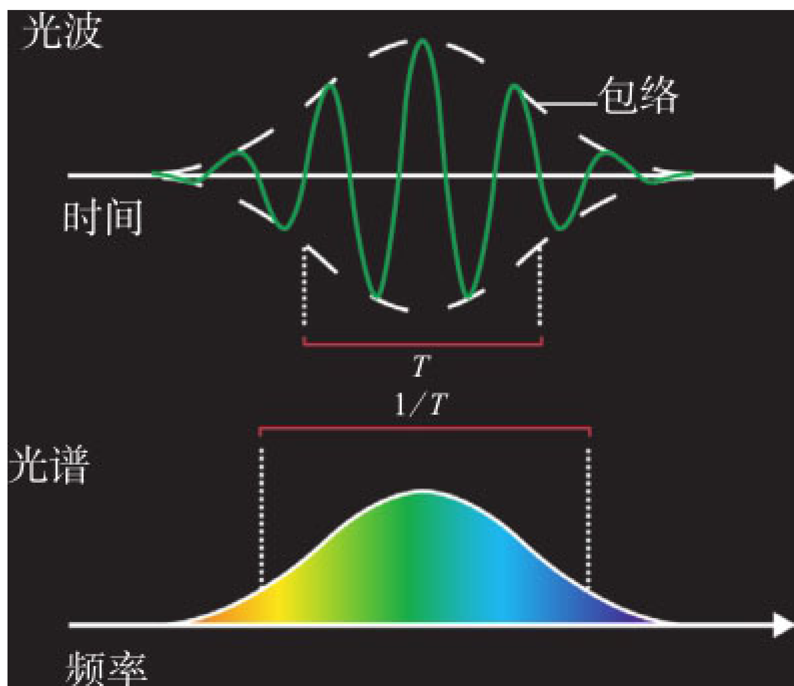
锁模激光器发射的光脉冲还具备另外两个特征，这是研制光学频率梳的关键。第一个特征是，包络相对于载波发生微小位移，就会导致脉冲发生细微变化。脉冲包络的峰值，可能和对应载波的波峰同时出现，也可能会偏移到载波振荡的任何相位，该偏移量被称为脉冲相位。

第二个特征是，锁模激光器以一种非常规则的频率（即重复频率）发射脉冲序列。这种脉冲序列光的频谱不是以载波频率为中心向两边连续延展，而是形成许多离散的频率。它们的频谱分布很像梳齿，彼此的间隔与激光器的重复频率精确相等。

基本概念

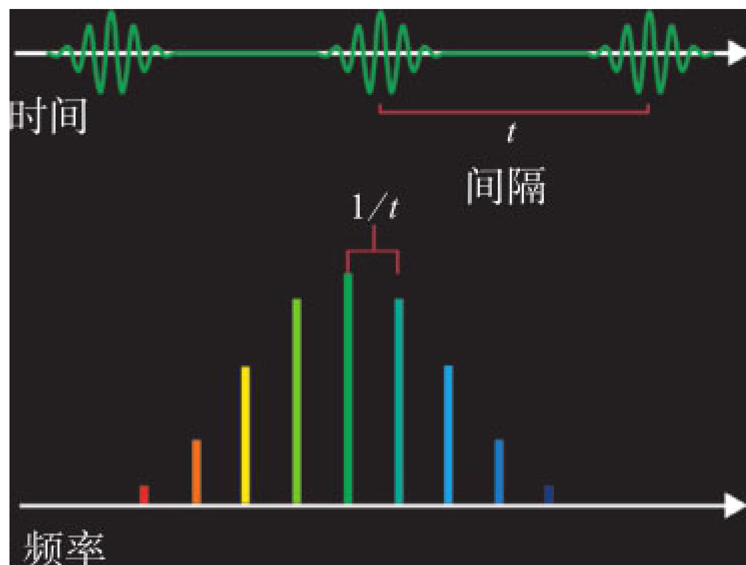
光梳

光梳由脉冲激光序列构成，这些脉冲激光的形态几乎相同且间隔均匀，可用于精密测量。之所以称它为光梳，是因为它的光频谱不同于单个脉冲，而是一根根均匀间隔的梳齿。



单个脉冲

尽管单个激光脉冲的电场（上图，绿线）按规则的时间间隔振荡，但这个脉冲并不是由单个频率的光组成的。只有当光谱由一系列频率（下图）构成时，光波的包络（上图，虚线）才会有起有伏。脉冲越短（上图，T），光谱越宽（下图，$1/T$）。一个飞秒光脉冲的频率谱，可以覆盖大约一半可见光光谱（不计低强度尾部）。



多个脉冲

不要期望光脉冲序列（上图）的光频谱会和单个光脉冲相同。事实上，脉冲序列产生的光频谱会分裂成许多“梳齿”（下图）。换句话说，光谱由一系列不连续的频率构成，而不是连续的频带。如果脉冲每*t*纳秒出现一次，梳齿的频率间隔就是1/*t*吉赫。通过测量激光脉冲的重复频率，研究人员就能非常精确地测量梳齿的间隔。

典型的重复频率大约为1吉赫，比现代计算机的中央处理器稍慢一些。对于一个覆盖可见光频段的光梳，如果梳齿间距为1吉赫，那么就具有40万根梳齿。利用高速光电二极管依次检测每个光脉冲，科学家能够非常精确地测量吉赫量级的重复频率。这种频率位于电磁波的微波频段，因此光梳就能起到杠杆的作用，将微波频段的测量精度传递到高频率的可见光频段。那么，为什么不用频率梳的梳齿作为参考点来测量光学频率呢？

这是因为超短光脉冲的相位也会影响梳齿的位置。如果一串脉冲序列中每个脉冲的相位都完全相同，那就根本不成问题，因为在这种情况下，梳齿的频率值精确等于重复频率的整数倍。因此，只要测出激光器的重复频率，就能知道每一根梳齿的确切位置。

但在通常情况下，前后两个脉冲的相位会发生一些不可预知但却固定不变的偏移（见第25页图）。在这种情况下，梳齿的频率就会偏离重复频率的整数倍，偏移量被称为偏移频率。要想确定梳齿的频率，就必须测定重复频率和偏移频率。因此，测量零点偏移频率，成为了阻碍光梳研究与应用的一大难关。2000年，这道难关终于被攻克。这要归功于

激光研究领域两个不同方向的科学家的携手合作，还要归功于一种新材料的发现。

学科交叉

在过去40年的大部分时间里，专注于产生及利用最短脉冲的超快激光研究人员，很少去关注脉冲的相位及理想脉冲序列理论上的梳状谱。他们的实验主要依赖于单个光脉冲的强度，相位对此没有任何影响。虽然超快激光研究人员经常测量锁模激光器的光谱，但他们很少有足够的分辨率去观测光梳频谱的基本细节。结果，混合在一起的谱线看起来就像一条连续的光谱带。

高分辨率测量以往是精密光谱学和光学频率计量学的研究领域，首选测量工具是超稳连续波激光器。前面已经提到，连续波激光器发出的恒定光束具有精确的频率，它的光谱看起来就像一根尖刺。计量学界的大部分研究人员并不了解锁模激光器的运行机制，而了解这种激光频谱特征的人却怀疑，使用这种激光能否产生可以精确设定的梳状光频谱。他们曾认为，计时或脉冲相位上出现的微小起伏，将使梳状光频谱失去实用价值。

但也有少数科学家，特别是德国马克斯·普朗克量子光学研究所的特奥多尔·亨施（Theodor W. Hänsch），深信锁模激光器总有一天会成为实用的高精密光谱学和计量学工具。在20世纪70年代，当时仍在美国斯坦福大学任教的亨施，用锁模染料激光器（用有色液体染料作为增益介质的激光器）进行了一系列测量，由此建立了光梳频率及偏移频率的基本概念。在这些研究成果沉睡了近20年之后，激光技术的发展才让光梳在通往实用化的道路上继续向前迈进。

20世纪80年代末，当时供职于美国施瓦茨光电公司（位于马萨诸塞州康科德）的彼得·莫尔顿（Peter Moulton），发明了一种掺钛蓝宝石晶体，可以作为宽带激光增益介质。20世纪90年代初，苏格兰圣安德鲁斯大学的威尔逊·西贝特（Wilson Sibbett）将这种晶体开创性地应用于锁模激光器。短短几年之后，钛宝石激光器就能轻易发出不到10飞秒的激光脉冲，仅仅相当于光波振荡了3个周期。

随着钛宝石激光器的出现，亨施又重新拾起了他20年前关于光学频率梳的想法。他在20世纪90年代末进行的一系列实验，向我们演示了锁模激光器所具备的潜在应用前景。在一项测量实验中，他证明输出光谱

两端的光梳谱线具有确切的对应关系。他发现，梳齿更像是刻在钢尺上的刻度，而不像是沿着橡皮筋画出的线条。在另一项实验中，他用一个锁模激光器产生的梳状频谱，覆盖两个连续波激光器的频率差，从而测定了铯原子的光学跃迁频率（铯原子能级发生某种变化时，就会吸收或发射这一特定频率的光子）。他的实验结果激励我们的研究小组在这一领域开展了一系列研究工作。

作为美国国家标准与技术研究所和科罗拉多大学博尔德分校联合成立的美国天体物理联合实验室，我们在掌握和运用激光物理学中这两个分支的技术发展方面有着独一无二的优势。在光学频率计量及精密光谱学领域，美国天体物理联合实验室具有很强的传统优势，这在很大程度上得益于本文作者之一霍尔在过去40年间发展起来的超稳连续波激光技术。1997年，本文的另一位作者坎迪夫加入美国天体物理联合实验室，带来了专业的锁模激光器和短脉冲技术。两位作者在楼道和午餐桌边进行了多次讨论，决定克服概念上的分歧，联合起来共同研究。当时一起参加这项工作的还有两位博士后：斯科特·迪达姆斯（Scott Diddams，后来任职于美国国家标准与技术研究所）和戴维·琼斯（David Jones，后来任职于加拿大不列颠哥伦比亚大学）。1999年夏天，这场技术革命才初露端倪，本文的第三位作者叶军加入了美国天体物理联合实验室的课题组，他很快就带领我们发现了新型光学频率梳的各种应用。

秒的标准

光学频率梳将来会作为正式的时间标准。

- 今天的时间标准，以电子在铯原子基态的两个超精细能级之间发生跃迁时，铯原子吸收的微波频率作为基准。
- 1秒被定义为上述微波辐射精确振荡9,192,631,770次所花费的时间。
- 光学频率标准将使用某种特别选定的原子或离子发射或吸收光的频率作为基准，这一频率大约是铯原子微波频率的6万倍。

神奇的光纤

亨施的实验结果令人吃惊，同样，他的实验目的也令人印象深刻：他想简化那些复杂的仪器设备。然而，为了实现技术上的简化，锁模激光器必须产生足够宽的频谱，最好达到一个倍频程（从某一频率延伸到

该频率的两倍，类似于音乐中的一个八度）。尽管钛宝石激光器能够产生惊人的带宽，但距离一个光学倍频程还差得远。

在1999年的激光和光电会议上，实现倍频程的方法终于被人提出。当时任职于美国贝尔实验室的吉南德拉·兰卡（Jinendra Ranka）发表了一篇论文，详细介绍了一种新型光纤，也就是微结构光纤。在这种微结构光纤介质中，微米大小的气孔引导激光束沿光纤纤芯传输。这种光纤所具有的特性，可以让钛宝石激光器发出的特定频率光脉冲，在光纤中传输而不发生脉冲展宽（在普通光纤及大部分其他介质中，光脉冲在传输过程中会被拉长）。这样，光脉冲就能保持高强度。高强度光脉冲在微结构光纤中传输时，光谱展宽会比在普通光纤中传输时大得多。实验结果看上去非常美妙。钛宝石激光器发出近红外激光，频率刚好落在人类视觉范围以外，肉眼只能看到一束暗红色激光。经过微结构光纤的光谱展宽，激光光谱从近红外扩展到可见光，发出了像彩虹般连续的色彩。



把两个音叉产生的声音叠加在一起，如果其中一个音叉的频率稍有偏差，就会产生拍音：叠加的音量会时轻时响，变化的频率就等于两个音叉的频率差。光波的“拍音”可用于许多激光测量，包括利用光梳进行的高精密测量。

1999年秋天，我们设法得到了一些微结构光纤。对于我们的研究来说，这在时间上可谓恰到好处。当时我们刚刚完成一系列实验，证明钛宝石激光器产生的激光频谱宽度，要比亨施最初的实验演示宽3倍左右。我们还搭建好了一套实验装置，只要把微结构光纤安装进去，就可以立即进行实验。收到贝尔实验室用特快专递寄来的光纤之后，不到两个星期，我们就完成了一项理论验证实验，证明经过微结构光纤的光谱展宽之后，激光脉冲原有的频率梳结构不会被破坏。

让光频谱展宽到一个光学倍频程的重要性在于，它能让我们像测量无线电波频率那样，直接测量零点偏移频率。因此，前面提到的用光梳测量其他光学频率的最大难关终于被攻破了。只要光谱范围达到一个光学倍频程，就会有好几种特殊方法来测定零点偏移频率。在高速计数器（记录单位时间内无线电波振荡次数的设备，不过无法用于测量频率高得多的可见光波）出现之前，无线电工程师想出了许多方法来测量无线电频率。如今测量零点偏移频率的大部分方法，就是在那些方法的基础上发展出来的。我们将介绍最简单、最通用的测量零点偏移频率的方法——自参考技术。

这个方法的关键之处在于，频率覆盖一个倍频程的光频谱可以让科学家比较光梳两端梳齿的频率。如果零点偏移频率等于零，光谱低频端每一根梳齿的频率乘以2，就可以和高频端某根梳齿的频率相对应。任何偏离这一精确比例关系的频率值，就是零点偏移频率的确切数值（见上图）。这种方法被称为自参考，因为它是通过比较光梳自身梳齿的频率来测量零点偏移频率的。

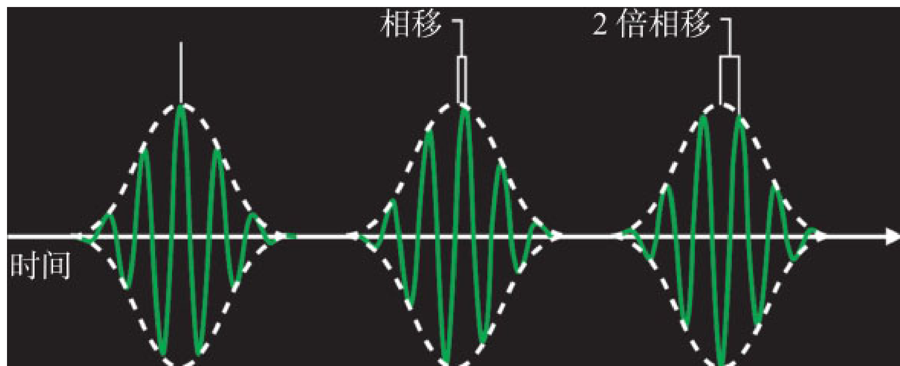
测量步骤之一

“校准”光梳

一些微弱的效应可以改变光梳梳齿的频率，使梳齿产生轻微的偏移。科学家必须先校正这种偏移，然后才能用光梳测量另一台激光器的频率。

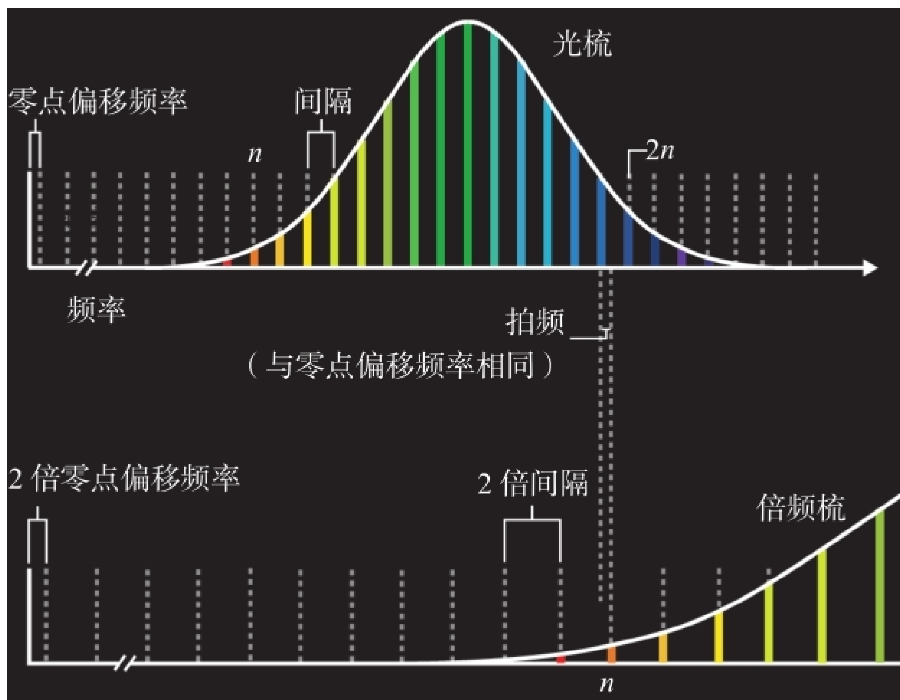
问题

对于一连串脉冲来说，脉冲光波振幅最大处相对于包络幅度最大的位置，会发生所谓的相移。



光梳频率怎么变化

由相移引起光学频率梳齿频率的变化量，称为零点偏移频率。梳齿频率将是光梳齿线间隔频率的整数倍加上零点偏移频率。一种称为自参考的技术可以测定零点偏移频率值。这种技术要求光梳光频谱必须覆盖一个光学倍频程，也就是说，要从一个频率（红光，第n个梳齿）一直延伸到它的倍频（紫色，第$2n$个梳齿）。



解决方案：对比光梳

研究人员将光梳的一部分光，送入一个光学倍频晶体，产生的倍频光是入射光频率的2倍（有些谱线在图上没有显示出来）。因为低频端梳齿的频率经倍频后，零点偏移频率与原先高频端梳齿的零点偏移频率不同，所以测量这两部分光的拍频，就可以获得我们所需的零点偏移频率值，由此可以确定每一根梳齿的精确频率。

要想实现自参考，还必须让一部分激光通过一个二次谐波发生晶体，使光学频率加倍。我们可以用一片只反射长波光而透射短波光的镜片，将光梳低频端的光分离出来，使它通过倍频晶体，再将倍频后的光与来自光梳高频端的光复合在一起，送到同一个光电探测器中。复合光的强度会发生振荡，产生“拍频”，就像经过调音和没有调音的两个单音合成会产生拍音一样。不论是声波还是光波，拍频频率都等于混合波之间的零点频率差。对于光脉冲而言，拍频频率就等于光梳的零点偏移频率，因为每一个低频端梳齿倍频后，都将与高频端对应的梳齿相差相同的频率。在电子学和光学中，这种把两个信号合成测量拍频的方法被称为“外差检测”。

秒的新定义

以光梳为基础的光学频率计量方法，只有在和过去的测量技术进行比较时，才能体现出它的简便与实用。简单说来，过去人们采用的技术由一系列倍频链组成，链中的每一环节都由一个振荡器组成，频率为前一环节频率的整数倍。倍频链的第一个环节是铯钟，秒的国际时间标准就是用这种原子钟来定义的。铯钟的计时基准是铯原子的微波吸收频率，数值大约为9吉赫。可见光的频率，至少是铯原子吸收频率的4万倍，为了能从9吉赫一直贯通到可见光波段，大约需要经过十多级倍频链。每级倍频链都要使用不同的技术，其中包括可见光激光器。让整条倍频链运转起来，不仅耗费资源，而且耗费人力，因此世界上建成的倍频链屈指可数。并且，这种方法只能间接测量光的频率。在实际使用中，倍频链中的许多环节都会影响最终测得的光学频率的准确性。

稳定的光学频率梳发明之后，精确测量连续波激光器的频率就更容易实现了。像倍频链一样，基于光梳的频率测量仍然要以铯钟作为测量基准。我们接下来就能看到，只要有能力用铯钟测量9吉赫以下的频率，我们就能用光梳准确测量激光的频率。测量过程可以分为以下几个步骤。首先，必须测定光梳的零点偏移频率和光梳梳齿的频率间隔。有了这两个数据，我们就能计算出所有梳齿对应的频率。接下来，就要把待测激光与光梳的光混合在一起，测量激光与最接近它的梳齿产生的拍频频率，也就是两者的频率差。

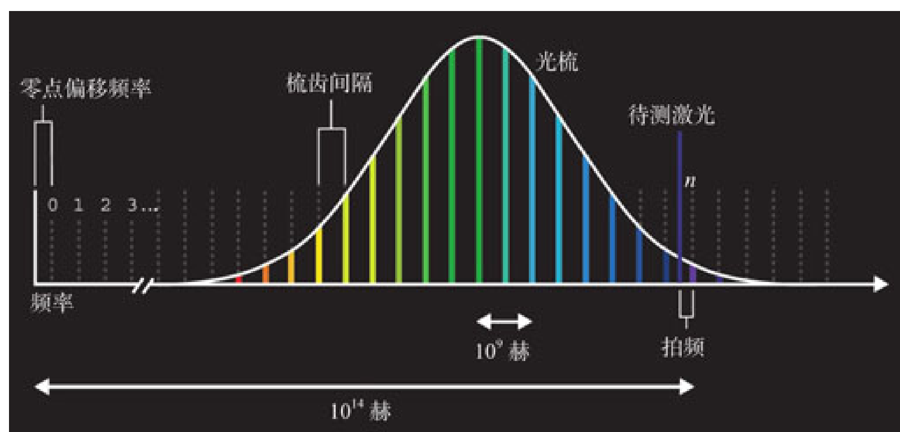
这三个频率都属于微波频段，可以用铯钟非常精确地加以测定。回顾一下，梳齿的间隔频率与产生光梳的脉冲重复频率相同。大部分锁模

激光器的重复频率不会高于10吉赫，很容易用铯钟去定量测量。零点偏移频率和拍频频率也都在铯钟可以测量的频率范围之内，因为它们必定小于光梳梳齿的频率间隔。

测量步骤之二

测量光线频率

为了测量另一台激光器的频率（紫色），物理学家将它发出的激光与光梳的光混合在一起，测量与最接近它的梳齿（n）产生的拍频。他们可以用低精度标准技术来测量被测激光的近似频率，据此判断激光与哪一根梳齿最近。这样一来，只要测出吉赫范围内的三个频率——零点偏移频率、光梳齿间隔频率，以及拍频，研究人员就能在100太赫，即10^{14}赫的范围内，非常精确地确定被测激光的频率。



另外还有两个因素需要确定：待测激光谱线距离哪根梳齿最近？是在这根梳齿的左边（频率较低）还是右边（频率较高）？用市面上可以买到的波长计测量光学频率，精度就能达到1吉赫，已经足以回答这两个问题。如果没有这类波长计，也可以有计划地改变重复频率和零点偏移频率，检测拍频频率如何随之变化。根据这些测量数据，就能推算出待测激光谱线所处的位置。

光梳简便实用，不仅使世界各国的科学家能够根据需要，随时对频率进行精确测量，还大大减小了此类测量的不确定度。总有一天，光梳的这些优点会让光学时间标准取代目前以铯原子为基础的微波时间标准。抱着这种目的，美国国家标准与技术研究所的詹姆斯·伯奎斯特（James C. Bergquist）领导的课题组和美国天体物理联合实验室叶军领导的课题组，已经精确测定了一些光钟的频率，这些光钟能够利用光和

光梳输出时间信号。对其中一些最好的光钟进行的频率测量表明，它们的不确定度已经小于用最好的铯钟标准测量的不确定度。全球许多实验室都准备建立光学频率标准，它们将超越已经使用了几十年的铯钟频率标准——这是一个激动人心的时刻。美国国家标准与技术研究所的莱奥·霍尔贝格（Leo　Hollberg）领导的研究小组，以及其他研究机构的测量都表明，光梳本身所具有的不确定度的极限，与现有光学频率测量的不确定度相比，还是有几个数量级的优势。



祖辈使用的摆钟通过不同大小的齿轮组，将钟摆稳定的摆动次数转换为指针非常缓慢而精确的转动。光梳的作用就如同一个光学齿轮组，可以将可见光的高频率转换成可以测量的低频信号。此外，光梳还可用于测量时间。

不懈探索

用光学频率来定义时间标准还需要经过很多年才能实现。计量学家必须仔细评估大量原子和离子的光跃迁，从中选择一种最适合的作为标准。

除了光梳的大量实际应用以外，光梳的基础研究也在许多前沿领域快速向前推进。例如，叶军的课题组只用一个光梳，就能非常灵敏地同时探测原子和分子的多种不同跃迁。这样，只需要一次测量，就可以分析一个原子的所有能级范围。此外，这项技术还可以对一块样品中的多种痕量元素进行检测。

原子和分子如何响应超短超强光脉冲所产生的强电场？在这一研究领域，光梳技术的应用也取得了重要的突破。这方面的许多工作是在亨施的合作者费伦茨·克劳斯（Ferenc Krausz，后来任职于德国马克斯·普朗克量子光学研究所）的领导下完成的。他的课题组已经利用电子响应测量了激光超短脉冲的电场，还显示了电场的波形，就像在示波器上显示一个射频波一样。克劳斯利用光梳来稳定脉冲的相位，使所有的激光脉冲保持相同的波形。

另一个非常活跃的研究领域是，探索光梳技术向电磁波频谱中频率更高的方向推进。（从微波一直到可见光，这些频率较低的光梳都很容易产生。）2005年，叶军的课题组和亨施的课题组在极紫外频段（靠近X射线频段）产生了精密频率梳。科学家正借助这种拓展的光梳，用极紫外激光来研究原子和分子的精细结构。

短短几年间，光学频率梳已经从一个只有少数科学家研究的课题发展成了一种实用工具，可以在诸多应用及基础研究领域使用。我们才刚刚开始探索这把光尺所具备的巨大潜力。

扩展阅读

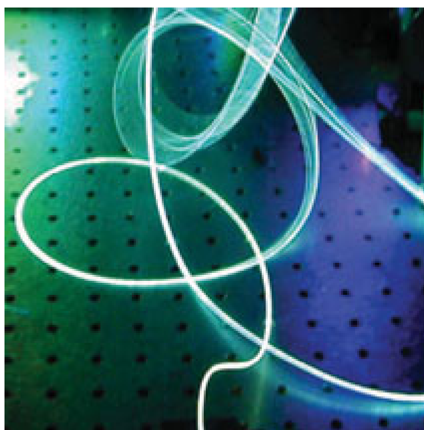
Time Measurement at the Millennium. James C. Bergquist, Steven R. Jefferts and David J. Wineland in *Physics Today*, Vol. 54, No. 3, pages 37–42; 2001.

Sr Lattice Clock at 1×10^{-16} Fractional Uncertainty by Remote Optical Evaluation with a Ca Clock. A. D. Ludlow et al. in *Science Express*; posted online February 14, 2008.

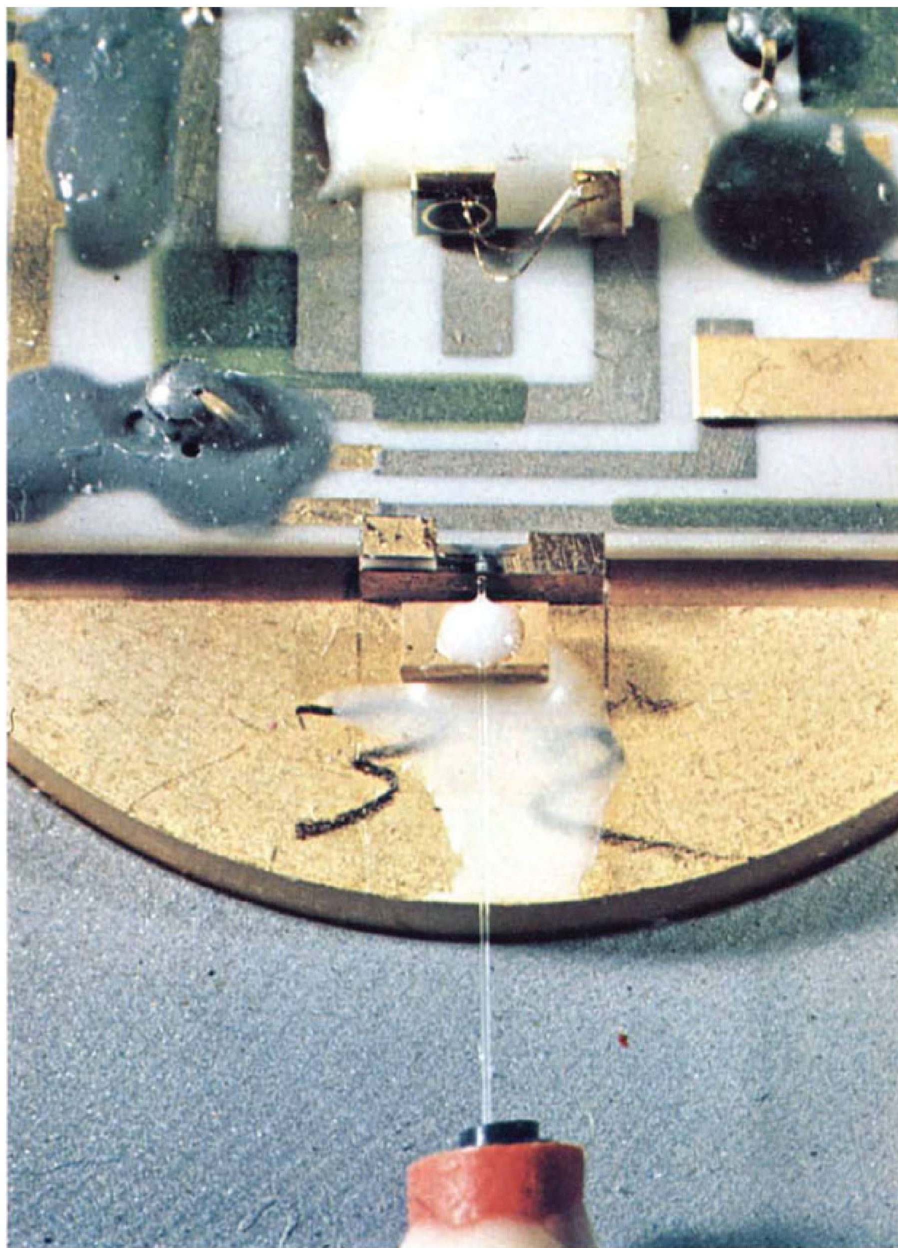
光波通信

光纤电话服务的首次商用试验正在芝加哥进行。由微型固态光源产生的信号以脉冲形式在玻璃纤维中传输。

撰文／威拉德·博伊尔（Willard S. Boyle）
翻译／徐愚



本文作者威拉德·博伊尔因在电荷耦合器件方面的卓越成就，获得2009年诺贝尔物理学奖。本文刊发于《科学美国人》1977年第8期。



光导再生电路接收到经过光波通信系统传输的已衰减的光脉冲，再将之放大为很强的新脉冲，以便完成下一段传输路程。这张照片由贝尔实验室拍摄，图为放大电路的一部分以及传输再生脉冲的光纤。在图片下方可以看到，光纤从红色倾斜的光缆外壳中引出。光纤末端通过一滴环氧树脂粘在一个微型砷化镓激光器上。经过再生后的光脉冲在下次再生之前可传输14千米。在激光器上方的白色方块中有一个光电二极管，可收集激光的反向辐射，用以补偿温度变化对激光驱动电路的影响。

威拉德·博伊尔，加拿大物理学家，在麦吉尔大学获得博士学位，此后加入贝尔实验室。他不仅是数码相机图像感应器——感光半导体电荷耦合器件（CCD）的发明人之一，而且与他人合作发明了第一台红宝石连续激光器。

在本文刊发前3个月，贝尔系统公司开始对光纤通信系统进行商业评估，该系统可将信息编码为光脉冲，在只有发丝般粗细的玻璃纤维中传输。这个新系统可以通过长达1.5英里（约2.41千米）的地下线缆，在伊利诺伊州贝尔电话公司与芝加哥商业中心的一座大型商厦的两个交换局之间传输声音、数据和视频信号。此光导线缆直径仅为0.5英寸（约12.7毫米），其中有两根纤维束，每根各含12根纤维，合计24根纤维。每根纤维的信息容量为每秒44.7兆比特，意味着向纤维传输信息的光源会在1秒内开关4,470万次。在此脉冲频率下，单独一根纤维可传输672路单向语音信号，那么24根纤维就能传输12×672路（即8,064路）双向语音信号。若要用传统铜线达到相同的传输容量，线缆直径将会增加数倍。除上述技术优势外，光导系统还将节省大量铜材料，极大提高现有地下通信管网的潜在容量。

然而，把光作为通信介质并非什么新鲜事。毕竟，美国的印第安人早就通过释放烟雾发送信号，英国人也曾将篝火作为西班牙无敌舰队来犯的预警信号。在18世纪90年代，克劳德·沙普（Claude Chappe）建立了一套光学通信系统，由遍及法国境内山顶的旗语信号站组成。该通信系统据称能够在15分钟内将信息传输至200千米以外，而且被电报取代之前一直在运转。1880年，亚历山大·格雷厄姆·贝尔（Alexander Graham Bell）发明了“光电话”，证明了语音可以通过光束传输。在这一系统中，贝尔将一束很窄的阳光聚焦于一块薄镜子上，镜子会因为人说话时产生的声波而振动，系统中的硒探测器捕获的光能会随着镜子的振动发生相应变化。这样一来，光束的变化就会引起硒的电阻变化，进而使电话接收器中的电流强度发生变化，最终在接收端转换为声波。直到第二次世界大战时期，海军舰艇仍经常使用携带莫尔斯码的光信号在舰艇间交换信息。

时至今日，技术的不断发展让人们可以用极高的频率调制光束，并将调制后的信号通过玻璃纤维传输数英里（1英里约为1.6千米），且能量损耗在可接受范围内。自1960年激光器问世以来，人们就对光波通信产生了浓厚的兴趣。激光器发射出的极强可见光和红外光近乎单色，频

率范围要比无线电通信系统所使用的最高频率高出约10,000倍，拓展到了电磁波谱的新区域。由于传输信息的潜能会随着频率的增加而提升，因此通信工程师们已耗费数十年时间研发高频通信系统。自无线电通信出现以来，通信工程师将可用频率提升了5个数量级——从100千赫（每秒10万个周期）到10吉赫（每秒100亿个周期）。如今，激光器将频率再次提升4个数量级，达到100太赫（每秒100万亿个周期）。仅使用激光频谱范围中的一小部分，一套简单的光波系统理论上就能够同时承载北美地区所有人的电话通信。

然而，早期激光器效率低，可靠性差，即便是最好的系统也仅能运行几个月。此外，和微波中继系统相比，在大气层内发射点对点激光束的效果也很难让人满意，因为激光信号强度易受雾、霾、雨、雪的影响而衰减。事实上，相比于曼哈顿城区与郊区之间的激光传输，从美国亚利桑那州到月球的光脉冲传输的可靠性更好。

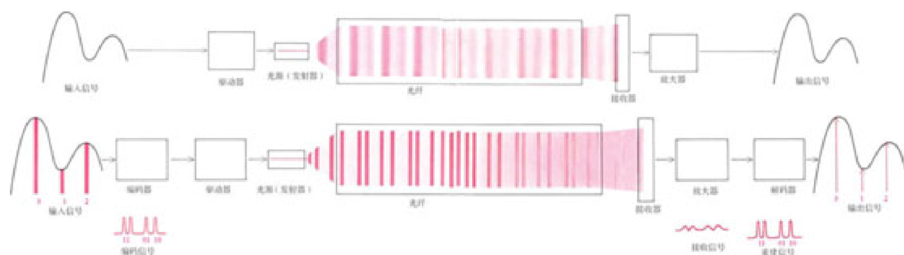
不过，随着科技的进步，激光发射器已经变得更加精巧、可靠，可以持久地产生激光，大气层内的传输也不再是唯一的方法。虽然在一些苛刻的应用条件下激光仍是首选光源，但在其他条件下，简单且廉价的设备——高亮度发光二极管就足以胜任。在大气层内传输光信号的各替代方案中，首个颇具前景的方案是将光学信号通过一个光管发出：这种精心制造的光管直径为1厘米左右，当光管需要弯曲时，其内部的光学信号也可以随之弯曲（因为管中不同位置的气体密度可以变化，进而改变光路上的折射率）。

光管面临许多实际应用问题，为了寻找替代方案，通信工程师们开始探索在玻璃纤维中传输光波的可能性。在某些情况下，玻璃或塑料纤维也可实现光的短距离传输，例如在照亮仪表盘或者做胃内检查时，但是这些材料的透明度不足以实现真正的光波通信。这些材料的透明度通常比水还略低一些，而最终用于通信的玻璃纤维应当拥有极高的透明度——假若海水像它一样透明，那么最深处的海底景象也可一览无余。

在考虑如何用激光、发光二极管、玻璃纤维构成通信系统之前，让我们先了解一下电话、摄像机或电脑中的信息是如何从源头转换成光线传输过来的。在传统的模拟信号传输系统中，原始信号的波形用于传输线中能量的振幅调制。现在，调制的则是由光源发出并在玻璃纤维中传输的光束振幅。在纤维末端，光电探测器将不同强度的光线转化为相应的电信号，经过放大的电信号将再现输入的电流波形，进而被眼睛、耳

朵或者电脑这样的非生物设备接收。

光波通信系统



模拟传输系统

光波通信系统可以通过多种方式发送信号。如上图所示，在最简单的“模拟”系统中，输入信号的振幅被直接转换成光纤内光束的振幅变化。接收端的光电探测器将光强变化转换成相应的电信号，进而被放大至可再现原始波形。在光纤传输中，信号强度随距离增加而以几何级数减小。而且，信号会逐渐衰减并失真，致使重现波形无法与原始波形精确匹配。解决此难题的有效方法是使用数字编码系统，如下图所示。

数字传输系统

数字编码因为在诸多方面优于调幅编码而被商用光波通信系统采用。在数字编码系统中，首先对输入波形（下图左）的波幅或高度以一定时间间隔进行电子采样（波形下的柱形）。为了精确表现波形，采样频率至少应为最高频率分量的2倍。因此，一个最高频率为每秒4,000个周期的声音信号，必须每秒采样8,000次（采样率应比图示中更高）。采样高度会被编码成二进制数字序列：一连串的0和1。在传输中，1可代表一个脉冲，而0可代表没有脉冲。

在一个典型的语音系统中，每个采样点的波形高度都被赋予0至255之间的一个值，由8位二进制数字表示（因为2^8等于256）。因此，对时长1秒的语音波形进行采样，数字系统将需要64,000比特（8,000个采样点，每一个需要8比特）。1977年5月在芝加哥运行的光波通信系统中，作为信号源的光源运行速率达到了每秒44.7兆个脉冲，因而能够同时传输超过650路语音信号。虽然光脉冲在光纤传输过程中会衰减，但仍然能被清晰地再生（因为脉冲仅存在有无之别），并可用于重建高保真原始信号波形。

即便在制造最精良的光纤中，部分光线仍会由于吸收和散射而丢失，以致从光源到探测器的过程中，光信号强度呈几何级数下降。举例来说，光信号传输1,000米后，强度会衰减为初始值的一半；当光信号传输2,000米后，强度仅为初始值的1/4，以此类推。因此，在其他条件都相同的情况下，远距离传输过程中的光源强度应尽可能高，且探测器应尽可能灵敏。

目前，最符合此要求的设备分别是高强度激光器和拥有超级灵敏度的“雪崩”光电探测器，此类探测器可由入射光子激发电子雪崩。然而，人们已经认识到信号的最大传输范围更受限于光纤中的损耗，而非光源强度或者探测器灵敏度。举例来说，信号损耗减少1/2，将会使最大传输范围整整扩大2倍。而光源强度增加1倍时，最大传输范围仅增加了约10%（确切地讲，当光纤长度增加后损耗将会成倍增加）。

前面提到的模拟传输系统的主要缺点是，如果调幅信号在传输过程中发生任何形式的失真，并且其中一部分失真不可避免，这些失真就将会显现在接收器提取和放大的信号上。避免信号失真最有效的方法之一，就是在传输前将信号数字化。具体做法是在固定时间间隔对连续电子信号波进行振幅采样。如果想获得更精确的波形数据，那么采样频率应为最高频率的2倍。因此，若对最高频率为4,000赫的声音进行采样，那么只有达到每秒8,000次采样才能保证精准度。每个采样值被编码为二进制形式，用一系列的1和0表示。例如，1代表有光束脉冲，而0代表没有脉冲。在接收端，被探测到的光束脉冲信号将被用来重建原始信号波。

数字化传输的最大优势体现在对微弱信号的处理上。每个探测器都有固有的内部噪声，这会在一定程度上影响接收到的外部信号。因此，通信工程师们往往会谈及信噪比的问题。该比率的单位是分贝（dB），它的计算方式是取以10为底数的对数值。分贝是指两个功率的比值以10为底数取对数，再乘以10。例如，信噪比为20分贝意味着信号功率是噪声功率的100倍。由于数字脉冲只存在“有”或“没有”两种状态，所以在有明显噪声干扰的条件下也可保持较低的错误率。例如，在信噪比为21分贝的条件下，脉冲信号仅有十亿分之一的可能性会淹没于背景噪声之中。与此相对的是，对模拟信号来说，任何噪声都会使信息失真。为了能够再现令人满意的信号，信噪比应远高于21分贝。通常而言，信噪比应为60分贝，即信号功率是噪声功率的100万倍。

与模拟信号相比，数字传输系统具有更强的噪声容错能力，在不放大信号强度的情况下传输距离更远。数字传输另外一个巨大的优势在于数字脉冲易于被探测和再生。由于脉冲的微小失真并无太大影响，探测和再生衰减的脉冲对放大器要求较为宽松。

如今，越来越多的语音信号以数字脉冲的形式通过线缆或微波传输。对语音信号的采样高达每秒8,000次，每次采样的“高度”则被转换为

8位二进制数字。由于8位二进制数字能够表示2^8种（即256种）不同的振幅水平，因而足以精确描述原始波形。为了再现频带宽度为4,000赫的原始声波，数字系统必须能够每秒传输64,000个脉冲信号。而光波系统具有很大的频带宽度，这将有助于大幅提高信噪比性能，进而提高信号在不得不重建前的可传输距离。

由前文描述，我们可知，在实际的光波通信系统中，传播距离取决于信源强度、单位长度的光纤信号损耗、探测器的噪声水平，以及信号传输采用的调制或编码方式。系统频带容量（每秒脉冲数或其他信息容量测定方法）取决于信源开关转换速度、探测器响应速度，以及光纤脉冲传输特性。

目前，正在使用的光源有两种。第一种是小型计算器中发光二极管显示屏的改进版本。因为光波通信所需的光源不仅要比普通显示屏亮度更高，而且要在尺寸上与光纤相仿，其直径只有1毫米的几百分之一。在为光波通信设计的发光二极管表面有一个小孔，其作用是让光纤能够尽可能靠近半导体结中产生光线的有源区。光纤在红外波段的损耗最低，因而应选用一种可以发射红外线的半导体材料。目前选择的发光二极管由砷化镓制成，其发射波长约为0.8微米。虽然这已令人满意，但是如果波长能够再长一点儿将会更好。与目前光纤相匹配的、具有较好波长的半导体材料还在积极研发之中。

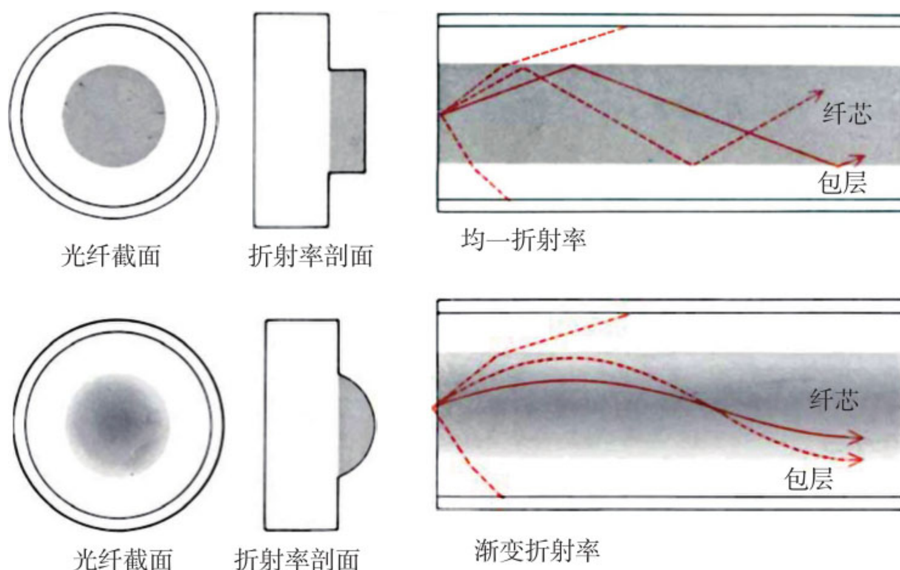
第二种光源是半导体激光二极管，它拥有比发光二极管更为复杂的结构。一个激光二极管比一粒盐还小，由数层含有不同成分的半导体材料组成。这种夹层结构有助于创造激光受激发射的必要条件。此结构不仅提供一个可以限制载流子重新结合并使之发光的区域，与此同时也有助于将光线引导至所需方向。

在一个激光器中连续布置多层材料，而不影响各层的晶体结构，这在以前是很难实现的。早期设备都因其发光效率迅速衰减而落下了坏名声，甚至有些设备仅能工作几个小时。随着新技术逐渐发展，在不造成晶层缺陷的情况下，构建复合结构已不是难事。加速老化试验表明，最近研发的设备可在室温条件下持续工作数年之久。不难想象，激光二极管最终会与其他固态装置一样稳定可靠。

激光光源有两个主要优势。第一个优势是指向性。由于激光器受激发射出狭窄的光束，因而大部分光束可直接进入光纤末端。第二个优势是高单色性，或者说波长范围很小，这是激光光源的典型特征。在光纤

中的传输过程中，光线因波长不同会有传播速度上的略微差异，因此光纤脉冲展宽会因传输波长带宽大小而变化。相比于波长范围更大的发光二极管光源，激光光源能够将更高频率的脉冲传输至更远的距离。典型的激光二极管的光谱带宽只有20埃，而发光二极管的带宽为350埃，因而激光二极管更适合用于光导通信。在光纤中传输1,000米后，激光脉冲将会出现时间长度为200×10^{-12}秒的色散，等同于光在玻璃中降速传播4厘米的色散。发光二极管光源色散约是激光的20倍，因为频谱纯度缺乏会导致色散，这将极大地限制脉冲频率，进而限制光波通信系统的信息容量。另一个主要限制是由于模式色散而导致的脉冲展宽，其原因是一些光线在光纤中传输的路径比别的光线稍长一些。正如我们将要探讨的，模式色散能够被极大降低，却不能被完全消除。

解决模式色散问题



在光纤的设计中，纤芯具有比包层略高的折射率。因此，大部分光线是在二者交界面上不断地来回全反射回纤芯。除非光纤发生了过度弯曲，否则射线会如此无限反射下去。只有以大角度进入纤维中的光线才可能从中逃逸出来。如果纤芯具有一致的折射率（如上图），经多次反射的光线将沿较长路径行进，并且落在反射次数较少的光线之后。这一缺陷被称为模式色散，对此的解决方法是制造出向轴心方向折射率逐渐增大的光纤（如下图）。这样，距离轴心远的光线传输速率高于距离轴心近的光线。

为了实现光导所需的超高透明度，设计的光纤要让光线无法靠近其

外表面，因为纤维外表面的灰尘、划痕或与其他表面接触都将会造成信号的严重丢失。每根光纤由三层组成。最外层通常为塑料保护层，使光纤免于刮擦和磨损。刮擦和磨损会降低纤维强度，导致纤维在压力下破损。在保护层内，玻璃纤维的纤芯外还有一层包层，纤芯的折射率比包层的折射率略高。由于这一略高的折射率，当从光纤端面以相对于中心轴较小入射角入射的光线到达纤芯与包层的界面时，会被反射回纤芯。以相对于中心轴较大入射角进入光纤的光线将直接溢出而不会被反射。从几何学角度来看，如果一束光线在第一次接触界面后被反射回纤芯，在光纤没有过度弯折的情况下，光线将会继续在其中无限地被反射。使用硬度较高的电缆护套认真包裹光纤束，可以避免光纤发生过度弯折。

至于前文提到的色散，可以这样形象地理解模式色散产生的原因：对于与中心轴平行的方向进入光纤的光线来说，其行程自然会比以一定角度进去并在其中多次反射的光线要短。因此，由不同路径的光线组成的光束会随时间而展宽。

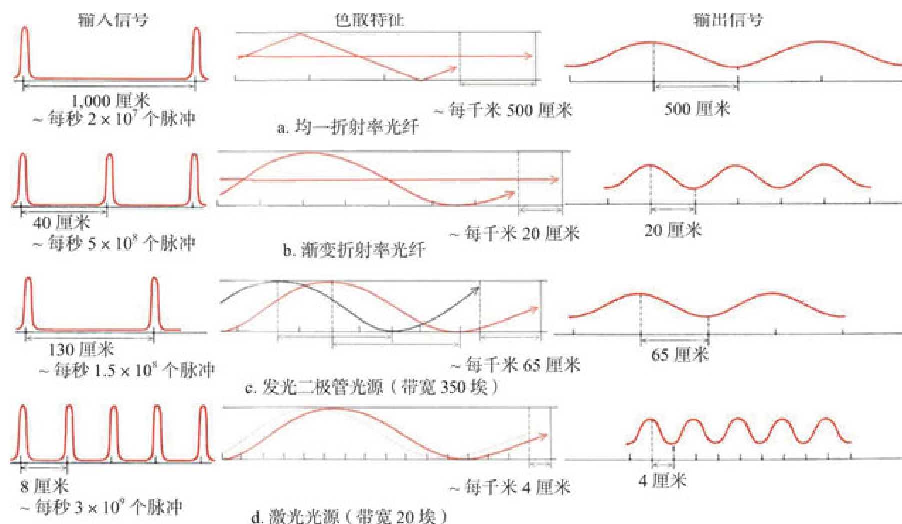
为了克服这一缺点，如今许多纤芯的折射率是渐变或跃变的，以抵消光线传输带来的距离差。在此种光纤中，折射率随径向距离的增加而降低。在折射率较低的区域中，光线传输速度较快。因而可以通过径向折射率降低的方法，使得所有光线几乎同时到达目的地。在折射率相同的光纤中，脉冲展宽约为每千米25×10^{-9}秒，相当于500厘米。对折射率渐变的光纤进行实地测试显示，色散减少了4%，实验室的样品则实现了1%的改进。

首款高透明度纤维由康宁玻璃公司研制生产，其材料的主要成分为二氧化硅。首个成功拥有渐变折射率的纤维由日本板硝子株式会社研制生产。在贝尔实验室的研发过程中，渐变折射率光纤由石英玻璃管加热和折叠而成。这样的石英玻璃管需预先在内部镀上数十层掺锗二氧化硅，每一层的厚度大约只有0.01毫米。这种复合体被嵌入称为预成型的实心棒之中，然后被拉成几千米长的光纤。

在最好的纤维样品中，传输损耗可低至每千米1分贝，相当于可传输输入能量的80%。然而，在现有光源的工作频率下，如此低的传输损耗是无法实现的。更为实际的平均损耗为每千米4～5分贝，约为可传输输入能量的30%。即使损耗如此之高，激光脉冲不经过放大仍可传输14千米。（在此距离下，接收端的信号强度仅剩输入能量的10^{-7}。）毫无疑问，随着光源和检测器被调节至损耗最低的光谱范围（波长略长于1

微米）以及光纤材料性能的提高，放大器之间的距离将远远超过14千米。

模式色散与波长色散



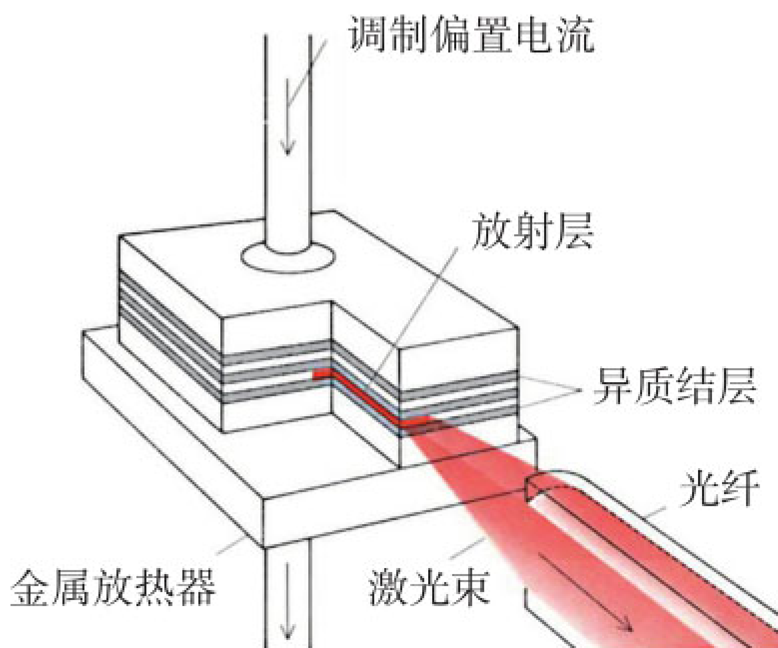
在光波通信中，必须要处理两种色散（或者说脉冲展宽）。第一种是模式色散，如上面两个插图所示。这组图显示脉冲展宽如何限制脉冲频率，进而限制光纤容量。在每一种情况下，所选择的脉冲速率都使得展宽达脉冲间隔的一半。a中纤芯具有一致的折射率，脉冲前沿和后沿到达时间差为每千米25×10^{-9}秒，大约相当于光速在玻璃中传播500厘米。由于展宽不能超过脉冲间隔的一半，所以脉冲频率不能超过每秒2×10^7个脉冲。b中纤芯为渐变折射率，模式色散减少为1/25，即每千米10^{-9}秒，大约相当于20厘米。因而脉冲可以每秒5×10^8个脉冲的频率传输。（展宽距离以对数单位标示，脉冲间隔见最左侧，为展宽的2倍。）第二种展宽为波长色散（c和d），是因为不同频率电磁波的速率随介质折射率变化而变化：频率越高，速度越大。用于光波通信的高强度发光二极管光谱带宽大约350埃，集中于波长为0.82微米的红外光谱，其带宽约等于可见光谱中绿黄之间的间隔。即使在模式色散为0的渐变折射率光纤中，一个来自发光二极管的单个脉冲的展宽仍约为每千米65厘米，信号频率也因此被限制为每秒1.5×10^8个脉冲（c）。在光谱带宽大约20埃的激光光源（d）中，波长色散仅为4厘米，信号频率可提升至每秒3×10^9个脉冲。

如头发丝粗细的光纤可组成光缆。在涂上可以防潮、防磨损、抗弯曲的保护层之后，每12根纤维将组成扁平的彩色光纤带。一根光缆中通常有12根光纤带，如此密集的排列可以起到缓冲和保护单根纤维的作用，防止其在现场维修时被破坏。光纤的拼接设计也独具匠心，以目前的技术，光缆内的纤维束的编排精度可达2微米以内。

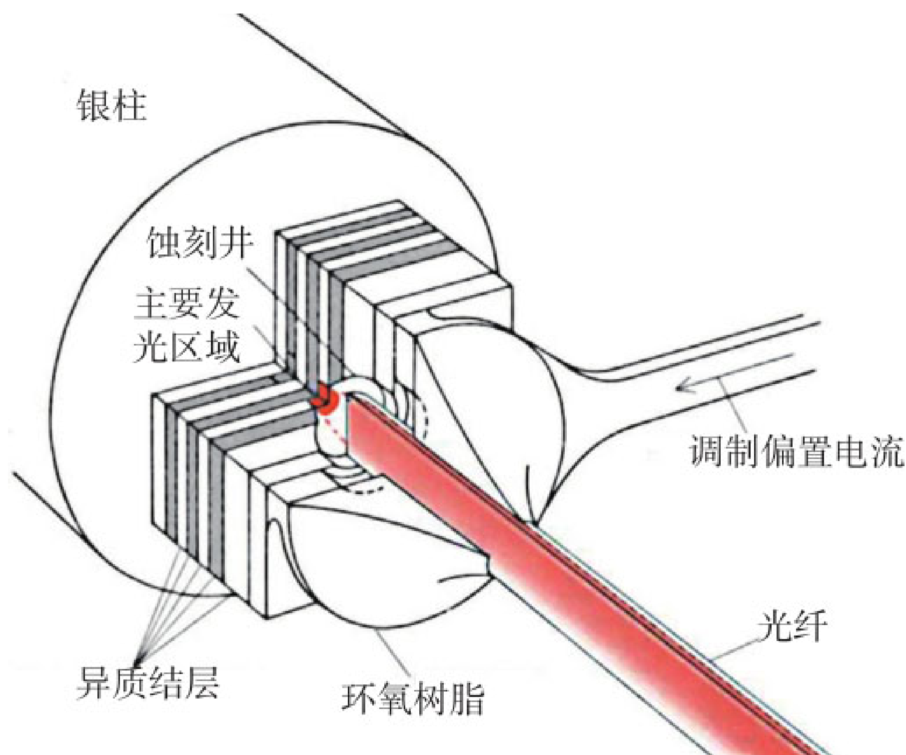
与金属导体相比，光导在传输方面有诸多优势。在光导传输系统中，光线被完全限制在纤维内芯之中，信号不会在相邻纤维间泄漏而导致“串音”。除此之外，由于光导不会受到其他信源的电子干扰，所以光波通信系统在充斥着电子噪声的环境，比如在电话交换局的交换装置中传输信息更具备优势。

相比于金属电缆，光波通信的光缆在实现同等容量的条件下可节省大量材料。在本文刊发时，光纤材料比铜线要昂贵许多。但是，当一个技术更复杂的新产品首次投入生产时，相对较高的价格也在情理之中。

正因为光波通信有两种光源，所以使用的探测器也有两种，皆为固态探测器。第一种结构简单的设备是结型PIN光电探测器，这一点与通过光子生成电流的太阳能电池相似。（字母P、I和N分别代表探测器中半导体结的电子性质。）另一种则是前文提到过的雪崩光电探测器。所有信号探测器都不免有背景噪声，而且这种噪声会随其运行速度成比例增加。例如，当PIN光电探测器的运行速度由每秒1兆比特提高至每秒100兆比特时，背景噪声功率也会从10^{-11}瓦增大到10^{-9}瓦。在相同的运行速度下，雪崩光电探测器中的背景噪声仅为前者的1/10。由此可知，低速系统的传输距离大于高速系统。在光波通信中，信号探测器是接收模块的第一级，接收模块中的电路应与现有远程通信网络中传输的信号相匹配。



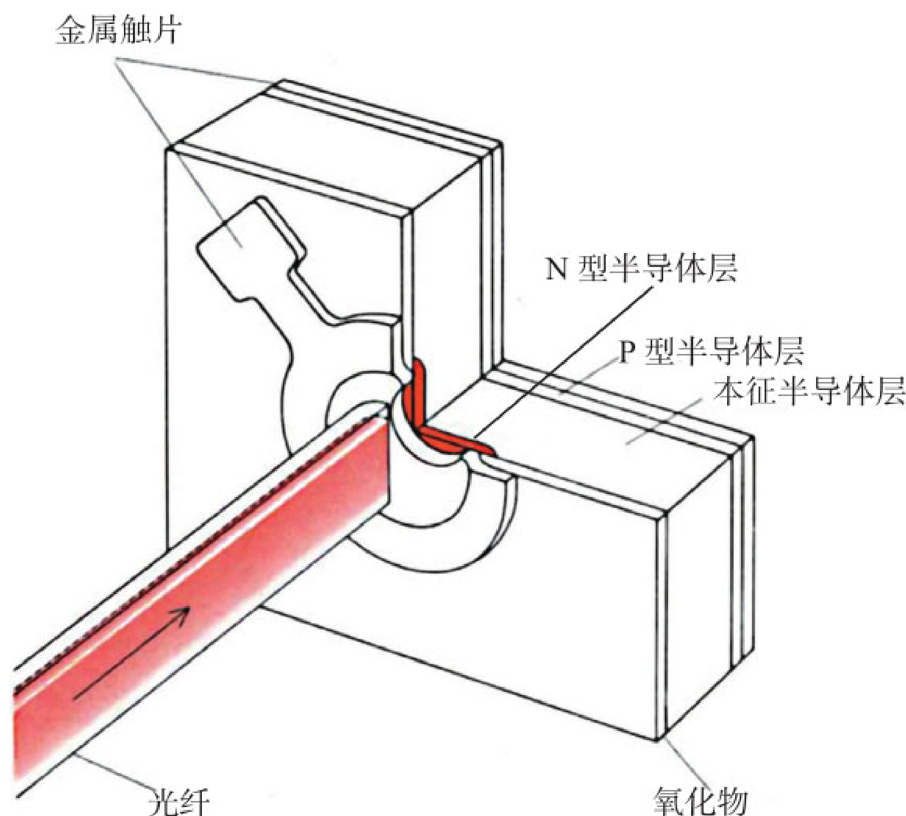
光波通信中使用的激光光源仅有一粒盐大。激光受激发射发生在有优良电子特性的半导体砷化镓与铝砷化镓组成的异质结层内。激光束从砷化镓层发出，穿过长约40微米密封气体介质后进入光纤。此种激光器功率为0.5毫瓦，波长为0.82微米。



发光二极管也由异质结层构成，与激光器相比更加简单、便宜、可靠。对于带宽不必太窄且仅0.1毫瓦的平均功率就可完成的传输距离，发光二极管大有用武之地。

现在让我们汇总各种关于信源、探测器和光纤特性的知识，看看这些设备的通信能力如何。首先计算一下低比特率（传输速率为每秒1兆比特）系统的传输范围。为了使探测器避免接收错误信号，进入探测器中的信号必须比探测器的内部噪声强100倍。如果使用的是雪崩光电探测器，则接收信号功率至少应达到10^{-10}瓦。为了将传输距离最大化，我们应选择输出功率为10^{-3}瓦的激光器，而非功率低一个数量级的发光二极管光源。正如我们所看到的，使用数字编码的光线通过光纤所允许的最大衰减为70分贝。由于目前光纤每千米的衰减小于5分贝，因此我们可以认为信号在不经放大的情况下能够传输14千米。（如果光纤每千米仅衰减1分贝则为最佳，传输距离可以扩展至70千米。）在现实中，能长达数千米不断的光纤是很难获得的。因此，两段光纤的连接处带来的

额外损耗也应当被计算在总损耗之中，目前的插入式连接器有0.5分贝左右的损耗。如果在14千米的路程中需要6个连接器，那么额外损耗则只有3分贝。（如总损耗仍保持为70分贝，则总路程只需缩短600米。）



光纤终端的光探测器会在被光子撞击时产生电子。如图所示，结构最为简单的探测器为PIN光电二极管。所谓PIN指的是在二极管的P型和N型半导体之间还有一层本征半导体（I层）。（P型，即空穴型半导体，指材料中缺乏电子；N型，即电子型半导体，指材料中含有大量电子。）光子在I层被吸收，产生电子和“空穴”（即电子空缺），二者在均匀电场作用下运动，进而产生了电流。另一种更复杂的光电探测器，即雪崩光电二极管，有额外一层N型材料，这层N型材料提供了内置放大过程，可以增强电子信号。光电二极管的固有噪声会随运行速度而增大。当一个PIN探测器接收到频率为每秒10^8个脉冲的信号时，其固有噪声约为10^{-9}瓦。而对雪崩光电探测器而言，固有噪声仅为前者的1/10。

选定信源、探测器以及光纤之后，光导系统的信息处理容量会达到怎样的规模？由于以最高比特率传输为最理想状态，我们必须考虑多种因素。正如我们所知，探测器的噪声会随着传输速率提高而增大。因此，如果信号功率仅满足以每秒10^6个脉冲的速率传输，那么它必须被

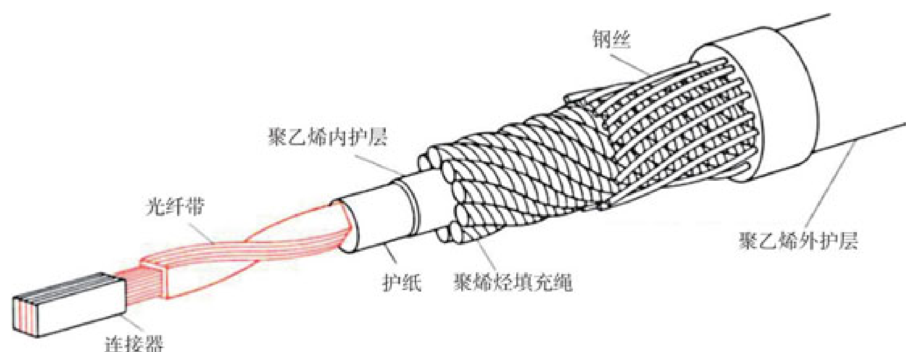
放大100倍——以每秒10^8个脉冲的速率传输。而且，随着脉冲变短变密，通过光纤所产生的展宽也成为一项重要的限制因素。

为了方便计算，我们假定脉冲展宽不会超过连续脉冲间隔的一半。对于渐变型光纤，基于模式色散（路径长度差异）的脉冲展宽为每千米10^{-9}秒，这就意味着如果以每秒10^9个脉冲的频率传输，展宽则相当于脉冲峰值间的整个间隔。因此，为了保持半个间隔的展宽，信号频率不能超过每秒5×10^8个脉冲，这决定了传输频率的上限。如果我们选择近乎单色的激光源，那么由波长色散带来的脉冲展宽则可以忽略。

假若使用发光二极管光源，那么波长色散将成为信号速率的限制因素。原因在于，发光二极管的波长色散为每千米3.5×10^{-9}秒，比模式色散大3.5倍。为了保持脉冲展宽低于连续脉冲间隔的一半，发光二极管光源的信号频率应略低于激光光源频率的1/3，即每秒1.4×10^8个脉冲。如果要增加预设的传输距离，信号源的发射频率应当按比例减小。例如，若要实现10千米的传输距离，激光源频率将不得不下降10倍，降至每秒5×10^7个脉冲，这与在芝加哥配备的装置实际选用的频率近似（每秒4.47×10^7个脉冲）。这些简单计算说明了现今技术所达到的水平，并且对于各种不同容量、范围和装置复杂度的设计选择给予了一个大致介绍。在未来，这些科技还将取得显著进展。

全新的光导技术在众多领域中都显示出广阔的应用价值。例如，一根光纤便可轻松承载电视信号，这为娱乐和商业通信带来了新的机遇与可能。建筑物之间可通过轻巧的光纤连接，让内部通信服务成为可能。计算机各部分间也可通过光纤连接。而电话领域被认为是率先实现重要光导技术应用的领域。

在今天的大都市中，空间异常昂贵，为了降低费用，连接电话交换中心的铜缆都被埋在地下管道中。而地下管道的铺设会产生额外费用，增设新管道不仅花销大而且很不方便。容量高且占地需求小的光波通信系统，能够更好地利用现存的地下管道，从而推迟了对新建管道的需求。另外，因为在许多城市中，相邻交换中心的距离都小于7千米，光波系统可能无需使用放大器来增强线路上的信号强度。



1976年在亚特兰大所使用的光导线缆中含有144根独立玻璃纤维，分为12根光纤带，每根光纤带含12根纤维。这些光纤带并排叠在一起，外围有若干层防护材料，其中含有用钢丝加固的聚乙烯护层。光缆的脉冲频率为每秒44.7兆个脉冲，一对光纤可传输672路双向语音通话信号、双向视频通话信号，或者其他相应信息容量的数据。光缆两端都有由工厂制造、借助精密夹具配对的连接器。

在芝加哥装置安装完成之前，贝尔实验室和西部电气公司已于1976年在亚特兰大模拟环境下测试了光波系统的原型。这一原型系统包括两条640米长的光导线缆，其中每一条都含有144根纤维，并且通过标准地下管道铺设。测试中，实验人员还模拟了常见的城市电信环境。值得一提的是，在装置安装过程中没有一根纤维受损，在需要避免过度弯曲的牵引操作中，光导性能也未降低。在芝加哥的装置中，每对光纤的承载容量相当于672路双向语音通道。该系统使用的光源为镓铝砷激光，传输速率为每秒44.7兆比特。在接收端，光脉冲由雪崩光电探测器转换为电信号。

作为亚特兰大试验的一部分，一部分光纤的末端被连接在一起，制造出一条长达70千米的连续通信通路。在11个再生器或放大器的帮助下，在特定方向的一定时间内已实现了近乎无误差的信息传输。除了将发光二极管作为激光源的补充之外，芝加哥装置与亚特兰大试验系统并无太大差异。

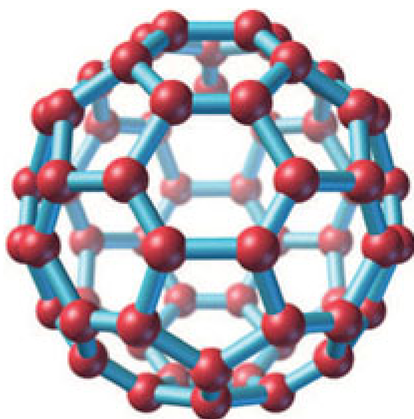
除了关于未来光纤可以大幅降低损耗的期望之外，本文所描述的内容都是基于当前已经出现的技术。过去的经验告诉我们，科技的迅猛发展是毋庸置疑的。例如，许多企业和大学的研究人员正在进行集成光学实验，其中包括在薄膜内处理光信号的技术，这相当于光学领域内的微型集成电路。或许有一天，这种光学电路可以免除传输中通过放大器进行光脉冲与电信号相互转换的烦琐步骤。另外，直接交换光脉冲的理论

及实验研究也正在进行，如果这一技术可以实现，交换中心将不再需要把光信号转化为电信号。接下来，光交换机就能取代目前使用的机电和电子交换设备，从而使得更快更密集的电话接通成为可能。

延续摩尔定律的新材料

我们用铅笔在纸上写字画画时，都会产生少量的石墨烯，这是当前自然科学和工程学中最热门的“新”材料。

撰文 / 安德烈·海姆（Andre K. Geim）
菲利普·金（Philip Kim）
翻译 / 汪长岭
审校 / 顾宁



本文作者之一安德烈·海姆因在石墨烯材料方面的卓越研究，获得2010年诺贝尔物理学奖。本文刊发于《科学美国人》2008年第4期。

本文译者汪长岭，翻译本文时为东南大学生物科学与医学工程学院博士研究生，师从顾宁教授，研究方向为纳米电子学。

本文审校顾宁，教授，长江学者，时任东南大学生物科学与医学工程学院院长。


妙不可言的石墨烯

安德烈·海姆和菲利普·金都是凝聚态物质物理学家。他们潜心研究石墨烯这种仅有一个原子厚的“二维”晶体材料的纳米性质，并因在这一领域的成就，入选《科学美国人》2006年全球科技领袖。海姆是英国皇家学会会员、英国曼彻斯特大学物理学教授、曼彻斯特介观科学与纳米科技研究中心主任。他在俄罗斯切尔诺戈洛夫卡的固态物理研究所获得了博士学位。金在哈佛大学获得了博士学位，后来成为美国哥伦比亚大学的物理学副教授。他还是美国物理学会会员，主要研究方向是纳米材料中量子热电传送过程。

每个人都用过铅笔。虽然它很不起眼，但仔细研究一下，我们就会惊奇地发现，这种书写工具称得上高科技产品。在历史上，由于石墨在制造炮弹时的特殊作用，这种普通的铅笔曾经被视为军事战略物资，禁止出口。更让人意想不到的是，当我们用铅笔写字画画时，一种新型材料便出现在铅笔笔痕中了——尽管数量很少。这种新型材料就是石墨烯，它现在可是物理学和纳米科学中最热门的新型材料。

石墨烯来源于石墨，也就是铅笔中的“铅”。石墨是由碳元素形成的一种单质，由扁平的层状结构堆叠而成。几个世纪以前，人们就发现了石墨的层状结构。因此物理学家和材料学家们都很自然地尝试将这种矿物质一层层地剥离开，并给单独的一层起名叫“石墨烯”。石墨烯的几何结构非常简单：全部由单个碳原子排列组合而成，呈六边形网状结构，只有一个原子那么厚。

但多年以来，所有试图制备石墨烯的实验均告失败。最早，科学家想用化学剥离法制备石墨烯，即在石墨相邻的原子面之间（即层与层之间）插入各种各样的分子，以此达到层层分离的目的。尽管在某一瞬间，石墨烯几乎要被分离出来，但它们单独存在的时间过于短暂，科学家根本无法观察到它们。实验的最终产物通常是一团石墨浆，看上去就像潮湿的烟灰。屡遭失败后，人们就渐渐对这种化学剥离法心灰意冷了。

石墨烯

石墨烯是一种由碳形成的薄片，厚度仅相当于一个原子。很多层石墨烯堆叠起来，就得到了铅笔里的“铅”，即石墨。直到本文刊发前不久，物理学家们才分离制备出了这种材料。

这种碳单质具有完美的晶格结构，它在常温下的导电性超越了目前的所有材料。

基于石墨烯结构，工程师们构想出了许多创新性产品，例如超高速晶体管。物理学家也在不断研究这种材料，因为通过它可以测试一系列奇特现象，而这些现象以往只能在黑洞或高能粒子加速器中才能观察到。

科学家们并没有放弃，他们开始尝试一种更直接的方法：用石墨晶体跟其他物质摩擦，分离得到了由较少碳原子层构成的薄片。这种方法称为微机械剥离法。尽管看上去有些粗野，但它却非常有效。运用这种方法得到的石墨薄片，碳原子层数不到100，可以说是相当薄了。1990年，德国亚琛工业大学的物理学家制备的石墨薄片，甚至已经薄到能够透光了。

10年后，在美国哥伦比亚大学研究生张远波（Yuanbo Zhang）的协助下，本文作者之一菲利普·金改良了微机械剥离法，创造出一种高科技铅笔，我们称之为“纳米铅笔”。用纳米铅笔“写”出的笔痕，实际上就是一块仅有几十个碳原子层厚的石墨薄片（见第49页图）。然而，这样的石墨薄片还不是石墨烯——当时也没人能够想到，自然界真的会存在石墨烯。

2004年，设想终于成为了现实。本文另一位作者海姆，与他的博士后助手科斯佳·诺沃肖洛夫（Kostya S. Novoselov），以及英国曼彻斯特大学的同事们，在尝试过多种方法后制备出了更薄的石墨薄片样品。那时，几乎所有的研究小组都在尝试从炭灰中获得石墨烯，但海姆和他的同事们偶然发现了一种简单易行的新途径。他们强行将石墨分离成较小的碎片，从碎片中剥离出较薄的石墨薄片，然后用一种特制的塑料胶带粘住薄片的两侧，撕开胶带，薄片也随之一分为二。不断重复这一过程，就可以得到越来越薄的石墨薄片（见第50页图文框）。这样的薄片积累多了之后，研究者惊讶地发现，部分样品竟然仅仅由一层碳原子构成，也就是说，他们制出了石墨烯。更令人吃惊的是，近期的研究显示，石墨烯具有良好的晶体特性，能够在常温下保持化学稳定性。

石墨烯的问世引起了全世界的研究热潮。它不仅是所有已知材料中最薄的一种，还非常牢固和坚硬；此外，作为一种单质结构，它在室温下传递电子的速度比所有已知导体都快。全球各个实验室的工程师也都在研究这一材料，看能否将它制成各种产品，比如新型的超硬复合材料、精确的气敏元件，甚至量子计算机。

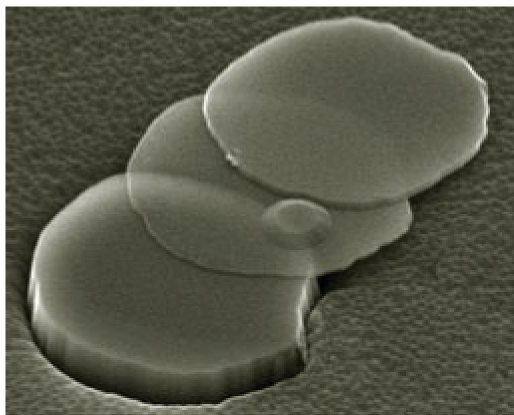
同时，石墨烯在原子尺度上的结构非常特殊，这为物理学家研究那

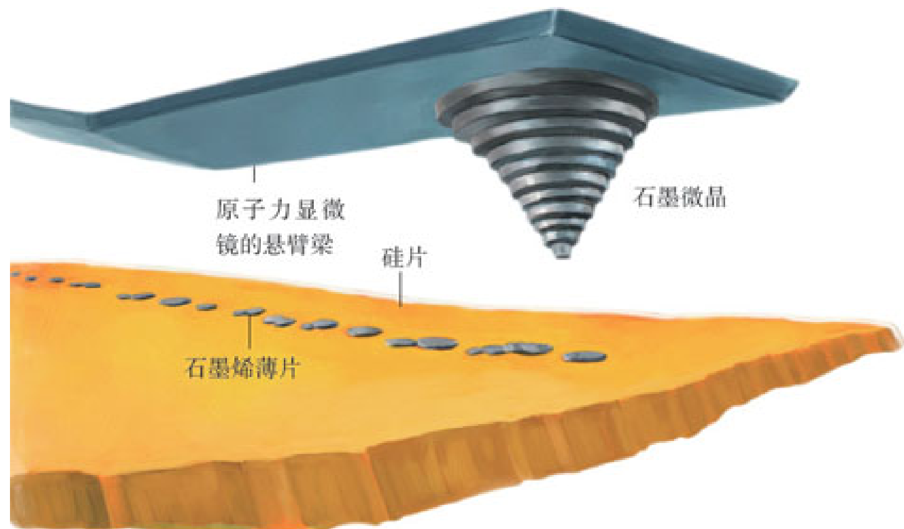
些必须用相对论量子物理学才能描述的现象提供了可能。其中一些可以算是自然界中最奇特的现象，重要性甚至可以与天体物理学家和高能物理学家使用价值数百万美元的天文望远镜和价值数十亿美元的粒子加速器观察到的现象媲美。石墨烯的出现使研究人员在实验室里就能对相对论量子力学中的一些预言进行验证。

制备石墨烯

纳米铅笔的笔痕

制备只有一个原子厚的单层石墨样品（石墨烯）需要付出艰辛的努力。其中一种方法就是，将一块极其微小的石墨晶体黏附在原子力显微镜的悬臂梁上，我们可以把它视为一支“纳米铅笔”；然后用这支所谓的纳米铅笔在硅片上涂一下（左图），硅片上就留下了极薄的石墨烯（右图）。右图中的样品是经电子显微镜放大6,000倍后的照片。





自己动手做石墨烯

1．以下步骤必须在无尘房间内完成。空气中飘浮的尘埃或头发将严重破坏石墨烯样品。

2．准备好氧化硅基片，在它的帮助下，你可以通过显微镜观察石墨烯薄片。使用盐酸和过氧化氢混合液彻底地清洁基片，使基片表面平整，以便获得石墨烯。

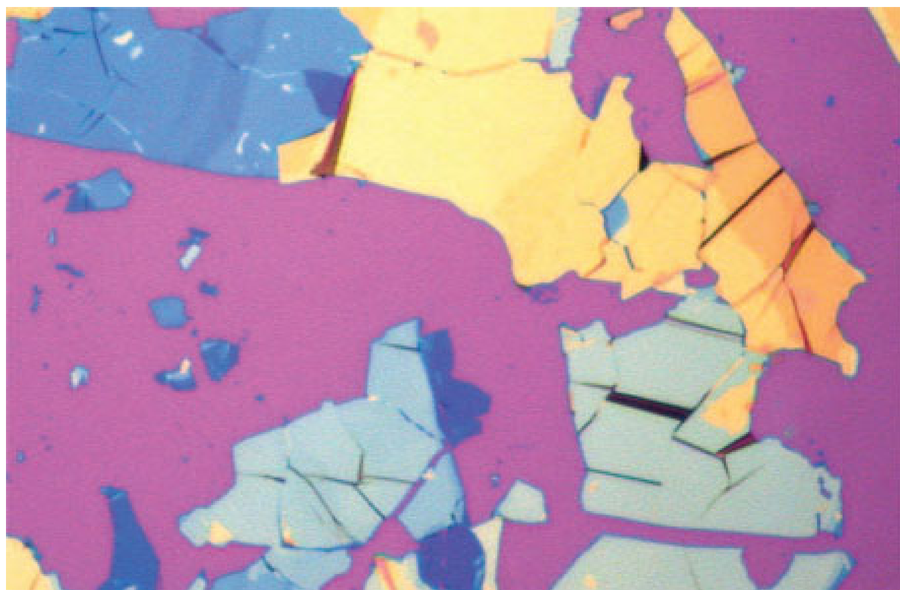
3．用镊子将石墨薄片附在约15～16厘米长的塑料胶带上。然后将胶带以45°角折叠过来，粘在薄片的另外一面上，石墨薄片就被胶带夹在了中间。小心翼翼地将胶带和石墨薄片压紧，然后慢慢地将胶带分开，石墨薄片就会被平稳地分成两片。

4．重复第3步约10次。越到后面，这个步骤就越难以完成。

5．小心翼翼地将分离开来的石墨样品连同附着的胶带一并放置在氧化硅基片上，使用塑料夹具逐渐下压，排出胶带和石墨样品之间的空气。用夹具轻轻夹住石墨样品，保持约10分钟。再用夹具固定住基片，同时慢慢地剥离胶带。这个步骤需要30～60秒的时间，它将最大限度地避免制得的石墨烯被撕碎。

6．将基片放在物镜为50或100倍的显微镜下面。你也许会看到大量的石墨碎片，它们较大且有光泽，可能是任何形状和任意颜色（上图）。如果足够幸运，你会看到石墨烯，它非常地透明，有水晶一样的形状，几乎没有颜色（下图）。上图中的样品被电子显微镜放大了115倍，而下图中的样品被放大了200倍。

——明克尔（Minkel，网络新闻记者）





认识石墨烯家族

在我们的生活中，铅笔随处可见，但众所周知的石墨并没有在古代文明国家发挥重要作用。16世纪，英国人发现石墨在自然界中大量存在，但当时他们并不管这种物质叫“石墨”，而是称它们为*plumbago*（拉丁文中指铅矿石）。英国人很快将石墨制成方便人们使用的形状，用它取代鹅毛笔和墨水来书写。这就是铅笔的雏形，它很快就在欧洲知识分子中流行开来。

直到1779年，瑞典化学家卡尔·舍勒（Carl　Scheele）才发现，石墨并不是铅，而是碳。10年后，德国地质学家亚伯拉罕·戈特洛布·维尔纳（Abraham　Gottlob　Werner）建议将这种物质的名称改为石墨，即

graphite，它在希腊文中是“书写”的意思。与此同时，军需品生产者还发现了这种易碎矿石的另外一种用途——在铸造炮弹时石墨是一种非常理想的模具内层材料。因此，在拿破仑战争期间，英国国王下令禁止向法国出口石墨和铅笔。

最近几十年，科学界又掀起了对石墨的研究热潮。科学家们在普通的石墨中发现了数种此前从未观察到的碳分子结构。其中最著名的一种结构类似于足球，因此被称为巴基球。它是在1985年由美国化学家罗伯特·柯尔（Robert Curl）、理查德·斯莫利（Richard E. Smalley），以及他们的合作者英国人哈里·克罗托（Harry Kroto）共同发现的。6年后，一位名叫饭岛澄男（Sumio Iijima）的日本物理学家发现了一种碳原子蜂窝状柱形结构——碳纳米管。尽管在20世纪80年代，很多研究者就报道过碳纳米管，但那时并没有发现这种结构的重大意义。上述两种分子结构都属于富勒烯。值得一提的是，富勒烯和巴基球的命名都是为了纪念美国一位富有想象力的建筑师兼工程师——巴克敏斯特·富勒（Buckminster Fuller），他在科学家发现这些碳分子结构之前，便提出了这样的结构概念。

六边形分子网格

石墨、富勒烯和石墨烯都由碳原子按同样的基本结构排列而成。每一个基本结构单元都有6个碳原子，它们紧密结合在一起，形成一个六边形，也就是化学里常说的苯环。

从结构层次来看，如果苯环是最基本的结构，那么石墨烯就是下一个层次，它是由许许多多的苯环相互拼接形成的一张薄片，看上去就像一张六边形的网格（见第52页图）。巴基球和其他一些非管状富勒烯类物质，都可以视为由石墨烯形成的原子尺度的球体或椭球体；碳纳米管则是由石墨烯卷成的一根微小圆柱；石墨是一种由多个石墨烯层重叠而成的三维物质，相对较厚，层与层之间结合力较弱——这种分子间的作用力称为范德瓦耳斯力。由于相邻的石墨烯层间作用微弱，石墨很容易被分离成极薄的薄片。当我们用铅笔写字时，纸上留下的字痕就是这些石墨薄片。

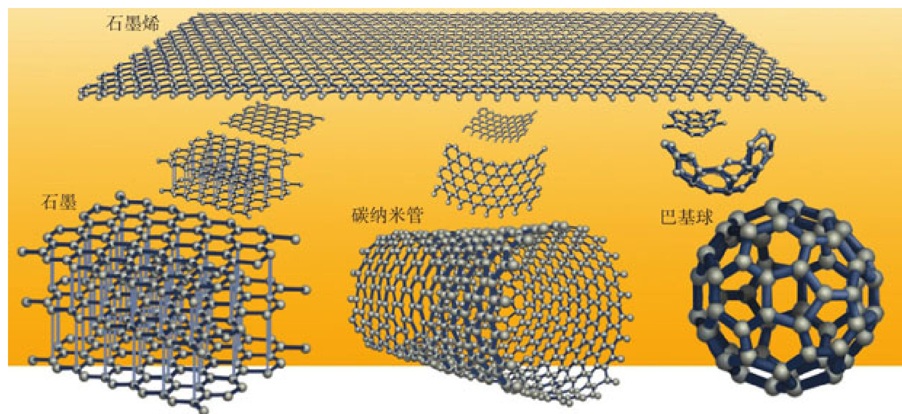
尽管科学家发现富勒烯的时间很晚，但实际上，它们早就存在于我们身边。烧烤架上的炭灰里就有富勒烯，不过数量不多。毫无疑问，石墨烯虽然一直未被发现，却同样存在于我们身边，比如在铅笔的笔痕之

中。自从它们被发现后，科学界就对这些分子给予了极大的关注。

分子结构

各种石墨类物质的基本结构

石墨烯（下图最上面）是一种二维碳原子薄片，具有六边形晶格结构。我们通常用来描述石墨材料的层状结构中，像细铁丝网一样的单独“一层”就是石墨烯，它是组成石墨的基本结构。石墨（下图左列）就是铅笔中的“铅”，这种材料之所以易碎，就是因为各个石墨烯层之间的作用力很弱。如果石墨烯被卷起来形成圆形结构，则被称为富勒烯。其中蜂窝状结构的圆柱体称为碳纳米管（下图中间列），形似足球的分子称为巴基球（下图右列）。此外，还有各式各样由这两种结构组合而成的分子结构。



巴基球之所以著名，主要是因为它是新型基本分子中的一个典型例子。当然，它也有很多重要的应用，比如药物输送等。碳纳米管更是具有一系列新奇性质，包括化学特性、电子特性、机械特性，还有光学特性和热学特性等。这些性质将在我们的各项应用中引发一场大范围革新。它极有可能取代硅，成为制造微芯片的新材料；也可以被制成一种更轻、更结实的材料，来取代纤维。作为各种石墨形式的“母体”，石墨烯尽管在几年前才被人发现，但和碳的其他“家庭成员”相比，它的基本物理性质引起了人们更多的关注，也拥有更美好的应用前景。

例外中的例外

石墨烯有很多特性，其中两种使它异于其他材料。首先，尽管石墨烯的构造方式略显简单，不过由碳原子按六边形晶格整齐排布而成的碳单质使其结构非常稳定。迄今为止，研究者尚未发现石墨烯中有碳原子

缺失的情况，也就是说六边形晶格中的碳原子全都没有丢失或移位。石墨烯完美的晶格结构源于各个碳原子间非常柔韧的连接。这使得该材料既比钻石还坚固，同时在被施加外部机械力时，其中的碳原子面又能够弯曲变形。这样的柔韧性使得该结构可以通过形变，而不必使碳原子通过重新排列来适应外力，也就保持了结构的稳定性。

这种稳定的晶格结构使石墨烯具有优良的导电性。石墨烯中的电子在轨道中移动时，不会因晶格缺陷或引入外来原子而发生散射。由于原子间作用力非常强，在室温下，就算周围碳原子发生挤撞，石墨烯中的电子受到的干扰也非常小。

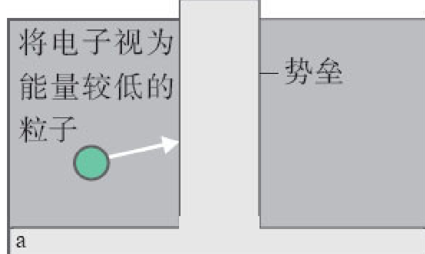
接下来，我们看看石墨烯的第二个特性。石墨烯中的导电电子不仅能在晶格中无障碍地移动，而且速度极快，远远超过了电子在金属导体或半导体中的移动速度，就好像它们比正常电子轻很多一样。实际上，石墨烯里的电子也许用“电荷载流子”这个术语来描述才更为恰当。它们仿佛是生活在另一个奇异世界中的古怪生物，那个世界里的物理规律与相对论量子力学十分相似。石墨烯的内部结构是独一无二的，到目前为止，人们还未发现第二种物质具有这样的结构。正是由于这种由铅笔芯引出的新型材料的发现，使相对论量子力学摆脱了宇宙学和高能物理学的束缚，正式走进实验室。

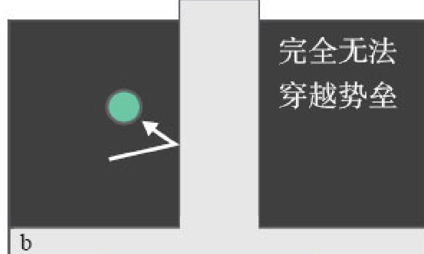
量子电动力学走进实验

石墨烯的结构很有规律，电子在里面畅通无阻。由于运动速度极快，传统的量子力学无法描述它们的表现。这时，就需要用到相对论量子力学，也叫做量子电动力学。量子电动力学提出了很多与众不同的预言。迄今为止，它所预言的现象也只能在一些极端环境下，如黑洞、高能粒子加速器中，才能被观察到。石墨烯的出现，使科学家们在实验室里就能验证量子电动力学中的一个不可思议的预言——量子隧道效应。

我们先看看粒子在经典物理学（或叫牛顿物理学）里的场景。一个能量较低的电子（图1a中的绿球），可以看成一个普通粒子，位于能量较高的势垒的一侧。当它遇到势垒的时候，如果能量不足以让它爬升到势垒的顶端，就只有继续呆在这一侧（图1b），就像山谷里一辆没有汽油的卡车，面对面前的山坡无可奈何。

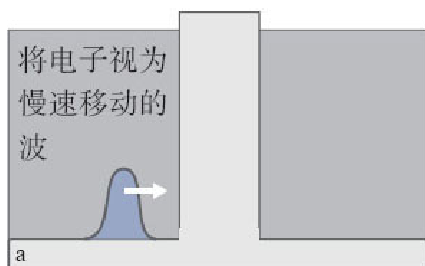
❶经典物理学

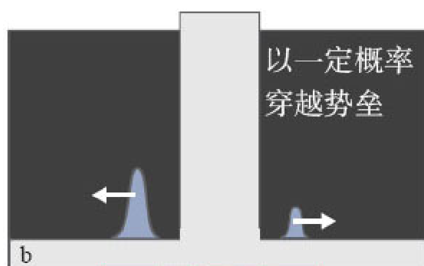




再来看看经典量子力学里的情况。在这一理论中，在某种程度上可以将电子视为分布在空间各处的波。这些波大致描述了在空间和时间的某一点上找到这个电子的概率。当这个“慢速移动”的波（图2b中蓝色的波）接触到势垒的时候，它有可能以某种方式穿透过去，到达势垒的另一侧（图2b）。在势垒另一侧找到这个电子的可能性既不为零，也不会是百分之百。从效果上来看，就像是部分电子通过隧道穿越了势垒。

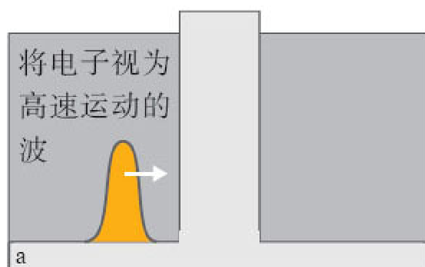
❷量子力学





对于石墨烯中的电子波（图3a中橘黄色的波）以极快的速度运动到势垒前的情况，量子电动力学给出了一个更加令人吃惊的预言：电子波能够百分之百地出现在势垒的另外一侧（图3b）。而我们观察到石墨烯具有超强的导电能力，似乎也证实了这一预言。

❸量子电动力学





推进物理学的碳平面

为了直观体现石墨烯中电荷载流子不可思议的性质，我们对比了电子在普通导体中的移动方式。尽管电流中的电子通常被称为“自由”电子，但其实金属材料中的电子并非完全自由，电流里电子的移动方式和电子在真空中的移动方式并不完全相同。电子带有负电荷，当它们通过金属从一个地方移动到另一个地方之后，原来那个地方的金属原子就会有电荷缺失。因此，当电子在晶格内移动时，就会和由它们自身产生的静电场相互作用。静电场会用一种复杂的方式对这些电子反复施加拉力和推力。最终的结果就是，对于移动中的电子，其质量似乎发生了变化，与正常情况下的质量有一定差异。科学上把电子受到影响后表现出来的新质量称为有效质量，物理学家又把这种电荷载流子称为准粒子。

这些带有一个负电荷的准粒子，移动速度比光通过金属导体时的速度慢很多。因此，在解释它们的运动时，不需要用到爱因斯坦的相对论——相对论只在研究移动速度接近光速的物质时才会有明显效果。相反，这种在导体中运动、与静电场相互作用的准粒子，可以用牛顿的经典力学和普通量子力学来描述。

当电子通过石墨烯中由碳原子构成的六边形晶格网时，它们就变成了一种准粒子。令人惊讶的是，这种在石墨烯中运输电荷的准粒子，性质与电子有很大的区别。事实上，和这种准粒子最相似的是另一种基本粒子——中微子，它几乎没有质量。从中微子的名字可以看出，它是电中性的，而石墨烯中的准粒子却携带了和电子一样的电荷。由于中微子以近乎光速的速度运动，因此无论是它的动能还是动量，都必须通过相对论来描述。类似地，在石墨烯中，准粒子也以恒定的高速运动，速度为光速的1/300左右。虽然在运动速度上和中微子相差甚远，但这种准粒子的性质和中微子的相对论特性非常相似。

普通的非相对论量子力学无法准确描述石墨烯中相对论性准粒子的运动。物理学家必须在现有理论基础上建立一套更加复杂的理论框架——相对论量子力学，现在也被称为量子电动力学。这套理论拥有一套特有的术语，核心就是狄拉克方程，这个方程是英国物理学家保罗·狄拉克（Paul A. M. Dirac）在20世纪20年代首次提出的，理论物理学家因此也把在石墨烯中运动的电子称为无质量狄拉克准粒子。

凭空产生的粒子

不幸的是，在解释量子电动力学的时候，那些固有的直观感觉不可

避免地会跳出来干扰我们的思维。也许量子电动力学永远让人觉得很别扭，但我们必须去熟悉它，熟悉那些看似矛盾的现象。量子电动力学中的矛盾常常源于这样一个事实：相对论性粒子总是和它们的反粒子形影相随。电子的反粒子是正电子，它和电子质量相同、电荷相反。正反粒子对可以在相对论性条件下产生，因为对于一个运动速度极快的高能物体来说，创造一对“虚粒子”几乎消耗不了多少能量。不可思议的是，虚粒子对是在真空中凭空产生出来的。

为什么会这样呢？我们可以用量子力学中的海森堡不确定性原理来解释：大致说来，对于某一事件发生的时间和涉及的能量，我们对其中之一（时间）知道得越精确，对另外一个（能量）的了解就越不精确。在极短的时间里，能量可以为任意值。根据爱因斯坦著名的质能方程$E = mc^2$，能量等同于质量。因此，等同于一个粒子质量的能量和该粒子的反粒子可以从虚无中产生。一对正负虚电子可以从真空中“借取”能量，在转瞬间实现“无中生有”。不过它们很快就会湮灭，把借来的能量“归还”给真空。整个过程非常短暂，目前还无法探测到。

量子电动力学中这种真空的有趣而奇特的动力学性质，会产生许多非常奇特的效应，比较著名的就是克莱因佯谬。在克莱因佯谬描述的环境里，相对论性物体可以通过所有势垒，不管势垒有多高或多宽（见第54、55页图文框）。举个例子来说，中间有一块谷地，周围都是高山，这就是最常见的势垒了。一辆卡车从山脚驶向山顶，它就获得了势能，同时也消耗了由汽油燃烧所提供的能量。当卡车到达山顶后，它不借助发动机，挂着空挡就可以滑下山去，它此前获得的势能就转换成了卡车向下滑行的动能。

测试奇特预言的工具

粒子也可以很容易地从势能相对较高的地方移动到势能较低的地方，就像卡车从山顶向下滑行一样。但如果一个粒子位于低势能的“谷地”，而周围都是高势能的“山峰”，这个粒子就会像耗尽汽油的卡车，无法逃出山谷。在普通非相对论量子力学里，汽车和山峰就是对上述情景的一个放大而形象的比喻。本文前面曾提到海森堡不确定性原理，它还有另外一种表述方式，按照这种表述，确定粒子的实际位置是做不到的，物理学家因此用概率来描述粒子的位置。由此可以得出一个奇怪的推论：即使低能量粒子看上去好像被势垒“拦截”而无法通过，我们仍然

有可能在势垒的另一侧发现该粒子的身影。如果我们发现了它，那么这种粒子通过能量势垒的诡异过程就称为量子隧道效应。

在非相对论量子隧道理论中，低能粒子穿透高能势垒的概率会根据情况发生变化，但可能性永远不会是100%。随着势垒变高变厚，穿越的可能性也随之减小。但克莱因佯谬彻底改变了量子隧道的性质。克莱因佯谬认为，相对论性粒子可以很轻易地穿越又高又厚的势垒，成功率高达100%。粒子遇到势垒时，就会与它的反粒子成对。之所以称之为反粒子，是因为它对世界的感受与正常相反。真实世界里的山峰，在反粒子看来就成了山谷。反粒子很容易就通过了这个反物质世界的“山谷”，到达势垒的另外一边后，再变回普通粒子，看上去就跟没有遇到障碍似的。即使对于许多物理学家来说，量子电动力学里的这些预言看上去也是极度不合常理的。

这样一个古怪的预言迫切需要实验证明，但在很长一段时间里，科学家都不清楚克莱因佯谬到底能不能得到检验，哪怕仅仅在理论上得到检验。现在，石墨烯中的无质量狄拉克准粒子终于证实了这一预言。在石墨烯中，克莱因佯谬所描绘的现象很容易被观察到。事先在一片石墨烯晶体上人为施加一个电压，也就是电势差（相当于一个势垒），当携带电荷的无质量狄拉克准粒子在晶体中移动时，实验人员就可以测定这种材料的电导率。一般认为，增加了额外的势垒和势界，电阻也会随之增加，但事实并非如此，因为所有的粒子都发生了量子隧道效应，通过率达100%。研究人员已经开始测量粒子通过不同高度的势垒时产生的电流。物理学家还希望，石墨烯能够帮助他们证明量子电动力学所预言的其他一些奇特现象。

真的是二维平面吗？

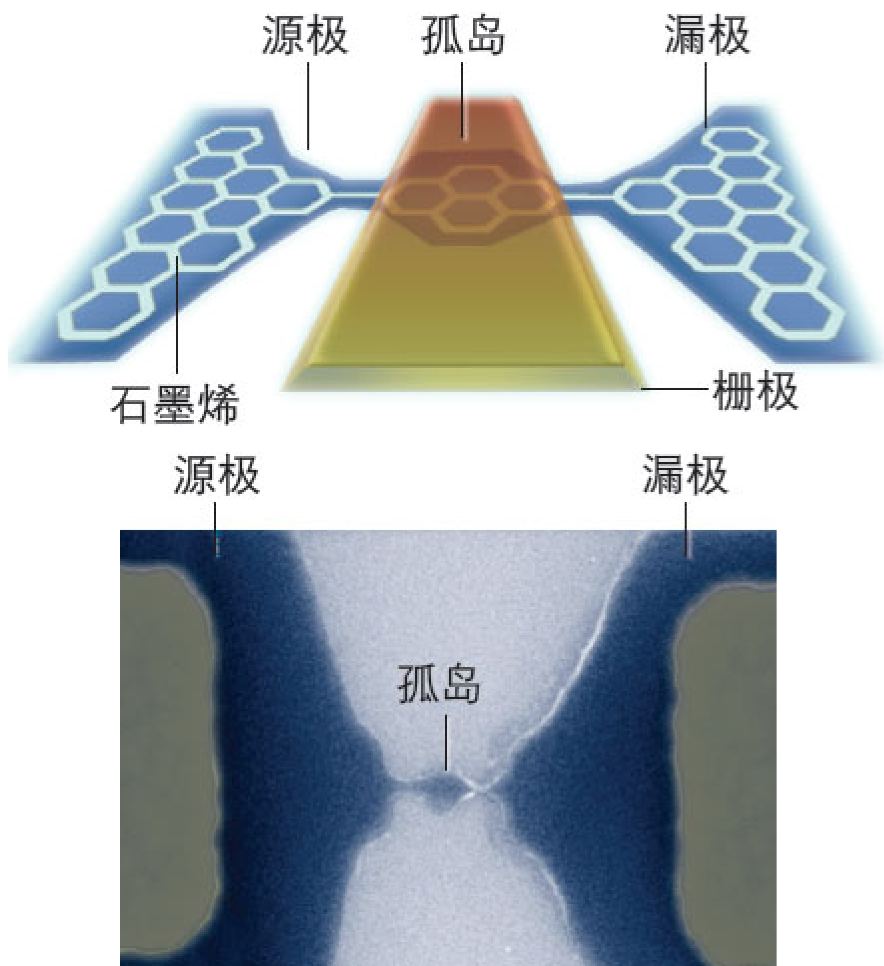
现在就断言石墨烯的应用前景还为时过早。但10多年来，科学家对碳纳米管（石墨烯卷起来形成的无缝中空的碳管）的研究，为石墨烯的应用开了一个好头。我们有理由相信，在碳纳米管能派上用场的地方，它的“扁平兄弟”——石墨烯也能大显身手，甚至有些人已经在石墨烯领域投入了巨额资金。石墨烯各种各样的应用前景，使得我们必须实现它的规模化生产。目前，多个技术研究小组都在致力于改进石墨烯的生产技术，以提高产量。尽管粉末状的石墨烯已经实现量产，但制备片状石墨烯还非常困难。从这个角度来讲，片状石墨烯可能是世界上最昂贵的

材料了：一片通过微机械剥离法制得的石墨烯微晶，还不及人类一根头发丝粗，价格就超过1,000美元。美国和欧洲的多家研究机构，例如美国佐治亚理工学院、加利福尼亚大学伯克利分校和西北大学等，都通过使用类似于半导体产业中经常采用的技术，在碳化硅基片上生长出了石墨烯薄片。

应用领域

基于石墨烯特性的电子技术

科学家们希望能用石墨烯制造出各种各样的产品。尽管相关工作才刚刚展开，但我们可以预见，基于石墨烯技术的产品种类将非常丰富。下面为大家介绍其中两个主要应用方向。

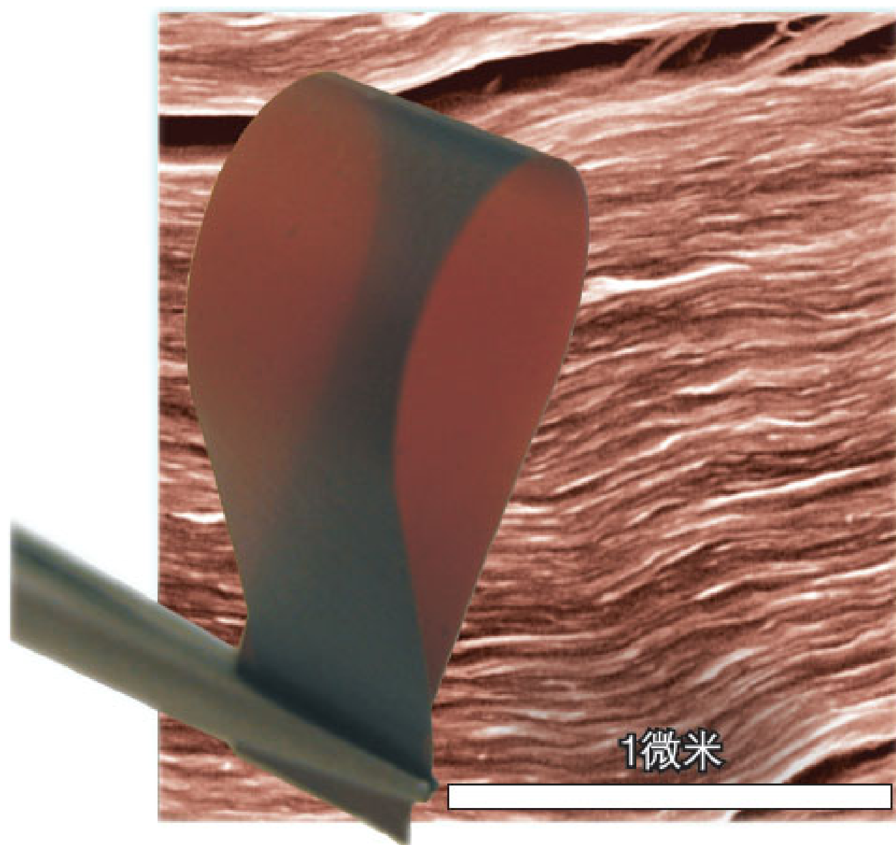


单电子晶体管

纳米尺度的石墨烯平面可以构成一个单电子晶体管，又叫量子点晶体管（右侧上图）。

在这幅示意图上，我们可以看到两个电极，包括一个源极和一个漏极，它们由导电材料（即量子点）形成的“孤岛”连接起来。这个孤岛极其微小，大约只有100纳米宽。看一下我们用电子显微镜将单电子晶体管放大了40,000倍的照片（右侧中图），中间那个蓝色小点就是所谓的孤岛。

孤岛非常小，以至于在同一时刻，岛上只能容纳一个电子，而且由于静电排斥的存在，旁边的电子都无法靠近。从源极出来的电子通过孤岛来到漏极，这都是量子隧道效应的作用。施加在第三个电极，即栅极（图片上没有出现）上的电压，控制着电子的上岛和下岛，因此要么有一个电子被寄放在岛上，要么没有，这被记为1或0。



复合材料

复合材料由两种（或多种）互补的材料复合而成，可以同时具备两种材料的性质。通常情况下，一种材料为基体，另一种材料为增强体，一般基体为主要成分。例如玻璃纤维船壳，就是在塑料中加入结实的玻璃纤维制成的。

研究者正在对一些新型复合材料的物理性质进行测试。这些材料中都添加了基于

石墨烯的材料，例如石墨烯氧化物（通过化学方法对石墨烯进行修饰而成的一种材料，结构坚固且硬度高），这样制得的聚合物强度较以前大有提高。

与石墨烯相比，石墨烯氧化物“薄片”（右侧下图中嵌入部分）的制取相对容易，而且也许很快就会应用于叠层复合材料（右侧下图背景）中。图中的定标线条为1微米。

与此同时，全世界的工程师都在努力研究石墨烯，挖掘它所特有的、非常理想的物理学和电子学性质（见第58页图文框）。石墨烯的表面积与体积之比非常高，很容易被制成坚韧的复合材料；石墨烯极薄，可以制成更加高效的场发射器——一种能在强电场环境中释放电子的针状设备。

给石墨烯施加电场，就可以对它的性质进行微调，从而改良超导材料，或制造所谓的“自旋晶体管”和超灵敏化学检测器。由多层石墨烯叠合而成的薄膜，还可以作为一种透明导电涂层，在液晶显示器和太阳能电池中广泛应用。实际应用远远不止上述这些，我们期待在不久的将来，其中一些应用设计能够上市。

延长摩尔定律的寿命？

石墨烯的用途非常广泛，特别值得一提的一个工程应用方向就是以石墨烯为基础的电子器件。我们一直在强调，石墨烯中电荷载流子的移动速度非常快，而且当它和晶格中的原子发生散射或碰撞时，也只会损失相对较少的能量。这些性质使得石墨烯非常适合用来制造所谓的“弹道晶体管”——一种有着超高振荡频率的器件，比现有的所有晶体管都快得多。

石墨烯能否使得摩尔定律在微电子工业中延续下去？这是人们目前关注的焦点。戈登·摩尔（Gordon　Moore）是电子工业的先驱，40多年前，他指出单位面积上可容纳的晶体管数目，大约每隔18个月便会增加1倍。但由于晶体管的尺寸总是有极限的，科学家曾多次宣布集成电路小型化的道路总会走到头。石墨烯具有良好的稳定性和超强的导电能力——甚至在纳米尺度上也是如此。利用这些特性，人们可以制造出尺寸远远小于10纳米，甚至只有一个苯环那么大的单个晶体管。我们可以想象，在未来，整个集成电路都可以在单层石墨烯薄片上刻蚀出来。这样，摩尔定律就能够延续了。



摩尔定律

英特尔集团创始人之一戈登·摩尔经过长期观察，在1965年提出，集成电路单位面积上可容纳的晶体管数目，大约每隔1年便会增加1倍，性能也将提升1倍。1975年，摩尔修正了该周期，由1年改为2年。后来，这一周期再次被修正为18个月，并得到广泛认可。但摩尔在接受《科学美国人》采访时说，“18个月”这一周期并非他本人提出。

无论怎样，我们将在未来几十年中，充分享受这种只有一个原子厚的理想材料带来的种种便利。工程师们还将继续为大家带来基于石墨烯的更多创新性产品，物理学家也将进一步研究它的奇异量子特性。几个世纪来，普普通通的铅笔中竟然隐藏了这么多秘密，好在我们终于发现了这种让人惊叹的美妙材料。

扩展阅读

Electrons in Atomically Thin Carbon Sheets Behave Like Massless Particles. Mark Wilson in *Physics Today*, Vol. 59, pages 21–23; January 2006.

Drawing Conclusions from Graphene. Antonio Castro Neto, Francisco Guinea and Nuno Miguel Peres in *Physics World*, Vol. 19, pages 33–37; November 2006.

Graphene: Exploring Carbon Flatland. A. K. Geim and A. H. MacDonald in *Physics Today*, Vol. 60, pages 35–41; August 2007.

The Rise of Graphene. A. K. Geim and K. S. Novoselov in *Nature Materials*, Vol. 6, pages 183–191; 2007.

Andre K. Geim's Mesoscopic Physics Group at the University of Manchester: **www.graphene.org**

从减速到加速

宇宙的膨胀从何时起由减速变为加速？远距离的超新星为我们提供了关键线索。

撰文／亚当·里斯（Adam G. Riess）
迈克尔·特纳（Michael S. Turner）
翻译／李想



本文作者之一亚当·里斯因观测远距离超新星而发现宇宙加速膨胀，获得2011年诺贝尔物理学奖。本文刊发于《科学美国人》2004年第2期。



Ia型超新星就像图中的这些灯泡，它们可以帮助天文学家们测算出宇宙中的距离。

亚当·里斯和迈克尔·特纳可谓探究宇宙膨胀史的引路人。里斯是美国太空望远镜科学研究所（哈勃空间望远镜的科学总部）的天文学副研究员兼约翰斯·霍普金斯大学的物理学、天文学副教授。1998年，高红移超新星搜寻小组发表了关于发现宇宙加速膨胀的论文，里斯便是这篇文章的第一作者。特纳是芝加哥大学劳纳杰出贡献教授，也是美国国家科学基金会数学及物理学副主任。1995年，特纳同他人共同发表的文章预言了宇宙的加速膨胀。“暗能量”一词也是由他创造的。

从牛顿时代到20世纪90年代末，引力的典型特征都一直在这个“引”字上。是引力把我们“吸在”地表，是引力拉住抛向天的棒球，还是引力把月亮“拴在”环绕地球的轨道上。引力确保了我们的太阳系不会分崩离析，也将无数的星系团汇聚到一起。尽管引力在爱因斯坦的广义相对论中既可以是吸引力也可以是排斥力，但大部分物理学家仅认为这在纯粹理论上可能成立，与今天的宇宙无关。直到最近，天文学家们才满心期待，希望看到引力减慢宇宙的膨胀。

概述：宇宙膨胀

- 1998年对遥远超新星的观测显示，宇宙的膨胀速度正在加快。在这之后，天文学家们逐步达成宇宙在加速膨胀的共识。
- 通过对更遥远超新星的观测，研究人员找到了在加速膨胀之前还曾存在减速期的证据，这与宇宙学的理论相符。
- 确定膨胀从减速转为加速的时间将揭示暗能量的性质，以及宇宙最终的命运。

然而在1998年，研究人员发现了引力作为排斥力的一面。在对远距离超新星（在极短时间内爆发的恒星，有100亿个太阳那么亮）的细致观测中，天文学家发现超新星的亮度要比预期的微弱。一个最合理的解释是，数十亿年前恒星爆炸所释放的光线穿越的距离比理论学家预测的距离远。反过来，这意味着宇宙的膨胀正在加速，而非减速。面对如此具有颠覆性的发现，一些宇宙学家认为，超新星亮度的降低另有原因，比如星系间尘埃的遮挡。但在本文刊发前的几年间对更远距离超新星的研究已经确认了宇宙膨胀的加速。

问题在于，宇宙是从一开始就在加速膨胀吗？或者，这仅仅是近期才出现的一个变化，比如50亿年前左右？这个问题的答案关系重大。如果宇宙的膨胀一直在加速进行，那么科学家就不得不彻底修改他们对宇

宙演化的认识；但如果像宇宙学家们所期望的，加速是一个近期事件，那么就可以通过研究膨胀是在何时，以怎样的方式开始加速来确定缘由，也许还能借此回答一个更大的问题——宇宙的命运。

两个巨人的搏斗

1929年，天文学家埃德温·哈勃（Edwin Hubble）观测到其他星系正远离我们，宇宙正在膨胀。哈勃发现，距离我们越远的星系退行速度越快，这一现象符合哈勃定律（相对速度等于相对距离乘以哈勃常数）。按照爱因斯坦的广义相对论，哈勃定律源自于空间的均匀膨胀，仅意味着宇宙变得更加广阔了而已（见第65页图）。

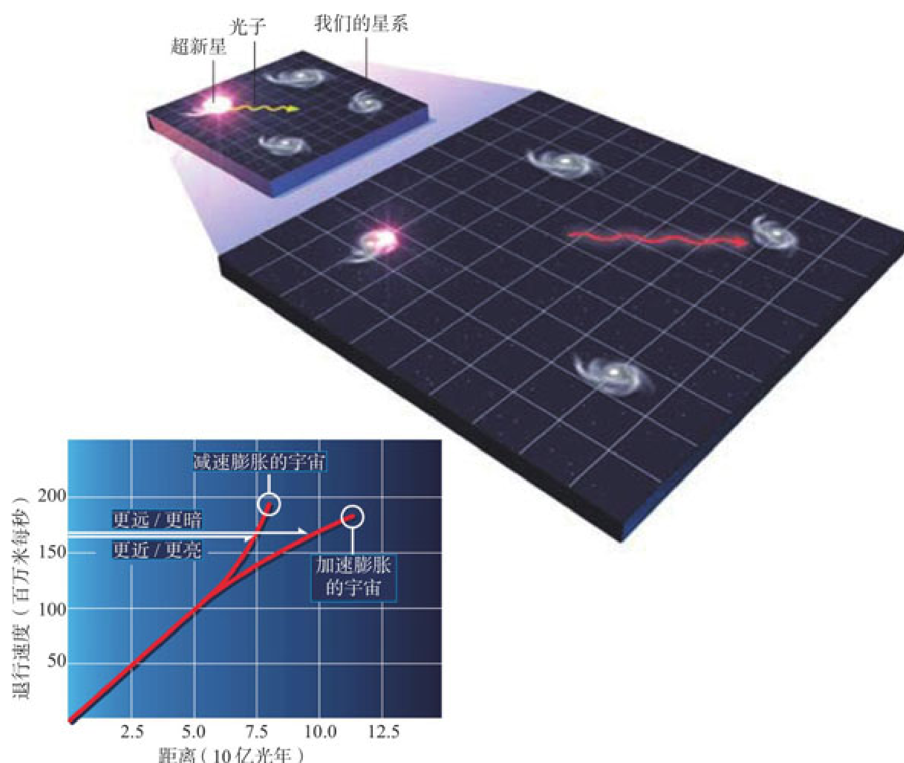
按照爱因斯坦的理论，作为一种吸引力，引力这个概念适用于所有已知的物质和能量形式，即使在宇宙尺度上也是如此。因此，广义相对论预测宇宙的膨胀会以某一速率逐渐减慢，这个速率取决于宇宙所包含的物质密度和能量密度。但广义相对论同样允许具有奇异性质的能量存在，这种能量将产生具有排斥性的引力（见第66页方框）。宇宙膨胀正在加速而非减速这一发现，显然揭示了这种能量形式的存在，它便是暗能量。

宇宙膨胀是加速还是减速取决于两个巨人间搏斗的胜负：物质间相互吸引的引力和暗能量产生的具有排斥性的引力。在这场搏斗中起关键作用的是它们各自的密度。物质的密度随着宇宙膨胀而减小，这是因为空间体积增大了。构成发光恒星的物质仅占宇宙的一小部分，而大部分则被认为是暗物质。暗物质无论与普通物质还是与光的相互作用都难以察觉，但仍受引力（吸引性）的作用。尽管对暗能量知之甚少，但宇宙学家认为，暗能量密度不会随着宇宙的膨胀而改变，或者只会缓慢改变。现在，暗能量的密度已经超过了物质的密度。但在遥远的过去，物质的密度应该会大得多，宇宙的膨胀也应处于减速的状态（见第69页右图）。

膨胀的空间

想象一下，在宇宙还只有其现在一半大的时候，一颗远距离超新星在星系中爆发了（左上图）。爆炸释放的射线到达我们所在的星系时，它的波长已经增加2倍，它在光谱中的位置也向红光方向移动了一段（右上图）。（需要注意的是，图中的星系并不是按比例绘制的，它们之间的实际距离要比图中的距离大得多。）假如宇宙的膨胀

在减速，那么超新星将比理论预测更近也更亮；而如果膨胀是加速的，那么超新星就会显得更远也更暗（左下图）。



出于其他考虑，宇宙学家们并不希望宇宙的膨胀一直以来都呈加速状态。如果真是这样，科学家就很难解释宇宙为何是今天这个样子了。按照宇宙学的理论，星系、星系团甚至更大的宇宙系统都是由早期宇宙中微小的物质密度不均匀演化而来的，这一点已经通过宇宙微波背景上的微小温度起伏证实。高密度的物质区域用它强大的吸引力止住了扩散，由此形成了引力束缚的天体——无论是我们所居住的银河系还是巨大的星系团。但如果宇宙的膨胀自始至终都在加速，那么任何系统在形成之前就会被膨胀摧毁。不仅如此，早期宇宙的两个重要特征——宇宙微波背景辐射的涨落以及在大爆炸数秒后形成的丰富的轻元素——都将与现有的观测结果不同。

引力具有排斥性？

按照牛顿的理论，引力总是具有吸引性的，其大小由受力物体的质量决定。爱因斯坦的理论则认为引力（吸引力）的大小还由物体的构成所决定。对于物质的构成，

物理学家则用物质的内压力表征。一个物体的引力正比于它的能量密度加上3倍压力。比如，我们的太阳是一个具有正压力的（压力方向指向球体外）、滚烫的气态球体。由于压力随温度的升高而增大，所以太阳的引力就要比同等质量但温度较低的气态球体稍大一些。另一方面，光子气体的压力等于能量密度的1/3，所以其引力的大小就是同等质量的低温物体的2倍。

暗能量的特征是具有负的内压。（类似胶皮这样的弹性物质也具有负压，或者说指向物体内部的压力。）如果压力值降到能量密度的–1/3以下，那么根据能量密度加上3倍压力所计算得到的引力就将是一个负值，引力也就变成了一种排斥力。量子真空的内压大小是其能量密度的-1倍，所以真空的引力就表现为一股强大的排斥力。在其他关于暗能量的假说中，暗能量的内压大概在-1/3到-1倍能量密度之间。它们中的一些已经被用来解释暴涨期——宇宙加速膨胀中非常早的一个时期，另一些则有望解释暗能量是如何推动目前观测到的加速膨胀的。

虽然如此，找到直接的证据证明之前曾有过缓慢膨胀的时期意义重大。这类证据将有助于科学家证实标准的宇宙学模型，并为宇宙目前加速膨胀的根本原因找到线索。通过望远镜收集来自遥远恒星和星系的光线以回溯过去，天文学家便可利用遥远的天体探索宇宙膨胀的历史。这段历史就藏在星系的距离与退行速度的关系之间。如果膨胀减慢，那么远距离星系的退行速度将比哈勃定律所预测的更大。反之，如果膨胀加速，那么远距离星系的退行速度将低于预测值。换一种说法就是，如果宇宙加速膨胀，那么具有特定退行速度的星系离我们的距离将比哈勃定律预测的更远，其亮度也会比预测值更低（见第65页下图）。

寻找超新星

要利用这种简单的事实进行判断，就得找到一类具有已知内禀光度（天体每秒向外释放的辐射量）且远隔大半个宇宙也能观测到的天体——名为Ia型的超新星就非常适合。即便远在半个可见宇宙之外，这类恒星爆炸也能被陆基望远镜观测到，更不用说哈勃空间望远镜了。在本文刊发前的10年里，研究人员仔细地校对了Ia型超新星的内禀光度，这样就可以通过测量视亮度来确定它们的距离。

利用超新星所在星系发出的光线，天文学家可以通过测算红移来推算超新星的退行速度。如果一个天体正离我们远去，那么它所辐射的光线的波长便会变长。比如，一束光线是在宇宙只有目前一半大小的时候发出的，那么我们观测到的波长就将是它原本波长的2倍，会显得更红。通过大量测定不同距离的超新星的红移和视亮度，研究人员就能得

到宇宙膨胀的信息。

不幸的是，Ia型超新星非常罕见，在银河系这样的星系中，平均几个世纪才会出现一次。搜寻超新星的方法便是对同一天区（包含数千个星系）重复拍摄并比较照片。如果在一幅照片中出现了之前没有过的短暂光点，那么它就有可能是超新星。1998年，两个研究小组在观测超新星的过程中得到了宇宙膨胀的线索，该超新星大约爆发于50亿年前，那时宇宙的大小只有现在的2/3。

不过仍有科学家质疑上述研究小组对超新星数据的分析。除了宇宙在加速膨胀外，还有没有其他原因可以导致超新星的亮度低于预测值呢？星系间弥散的尘埃也可能让超新星的亮度变暗。另一种可能是早期超新星发出的光线本身就比较暗，因为当时宇宙的化学构成与今天的并不相同，那时由恒星核反应所释放的重元素并没这么丰富。

幸好这些相互矛盾的假说是可以验证的。如果超新星亮度低于预测值是出于天体物理原因（比如随处可见的尘埃的遮挡，或者早期超新星本身就比较暗弱），那么变暗的程度应随着天体红移增加。但如果变暗是宇宙近期加速膨胀造成的，且之前还存在一段减速期的话，那么来自减速期超新星的光线应相对亮一些。当宇宙小于它目前大小的2/3时，对超新星爆炸的观测将告诉我们哪一种假说是正确的。（当然，还有可能，某种未知的天体物理现象既符合加速造成的影响，也与减速的影响效果一致，但科学家普遍不赞成这种略显武断的解释）。

然而，寻找如此古老且遥远的超新星并非易事。在宇宙只有目前一半大小的时候，恒星爆炸所形成的超新星的亮度仅有天狼星（夜空中最闪亮的那颗恒星）的百亿分之一。要观测这样的天体，陆基望远镜就不再可靠了，不过哈勃空间望远镜是可以信赖的。2001年，我们的成员之一里斯宣布，空间望远镜在重复观测中意外地发现了一颗极其遥远的Ia型超新星（命名为“SN 1997ff”）。在确定了恒星爆炸的光线红移之后，这颗爆发于100亿年前（也就是宇宙仅有目前1/3大小时）的超新星要比尘埃假说所预测的亮很多。这是减速期存在的第一个直接证据。我们相信，更多高红移超新星的观测将能提供确凿证据，并确定出从减速到加速的转折点。

2002年，一台名叫“高级巡天照相机”的新型成像仪安装到了哈勃空间望远镜上，哈勃空间望远镜从此成为了名副其实的超新星猎手。里斯领导的小组力求借助大天文台宇宙起源深空巡天计划，发现所需的超远

距离Ia型超新星。研究小组最终找到了6颗诞生于至少70亿年前（那时的宇宙还不到目前的一半大小）的超新星。这些超新星连同SN 1997ff，是目前已发现的距离我们最遥远的Ia型超新星。观测证实了早期减速期的存在，并将从减速变为加速的这个时间点定位于约50亿年前（见第69页左图）。这个结果与理论的预测一致，让宇宙学家们很受鼓舞。宇宙的加速膨胀曾是一个让人意外的新难题，但这让我们有机会重新认识我们以为已经理解的宇宙。

宇宙的命运

远古的超新星还为我们提供了关于暗能量（宇宙加速膨胀的根本原因）的新线索。暗能量效应最可能的解释是真空能量，它在数学上相当于爱因斯坦于1917年提出的宇宙学常数概念。当时爱因斯坦试图建立一个静态的宇宙模型，于是他引入了一个“宇宙学假想因子”，以平衡物质间相互吸引的引力。在这一模型框架下，因子的密度应是物质密度的一半。而要让宇宙达到所观测到的加速状态，因子的密度就应是物质密度的2倍。

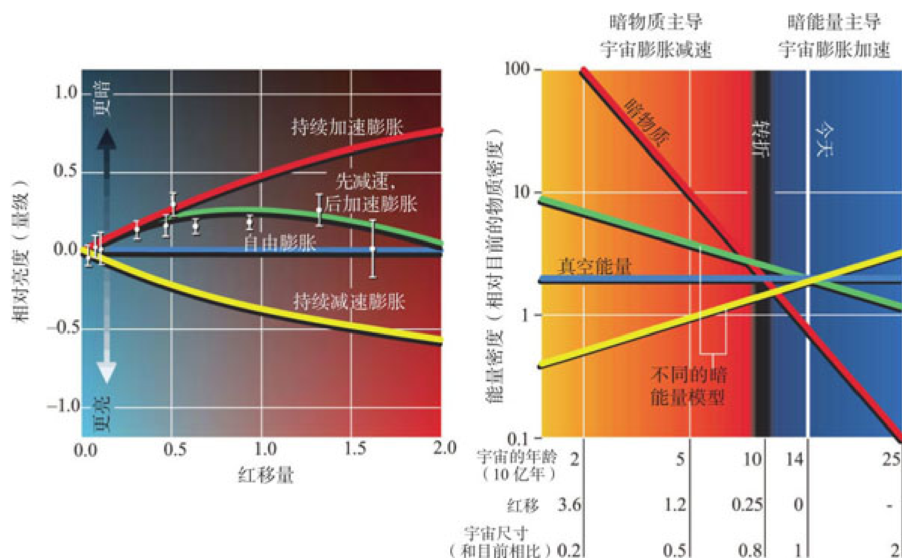
这些能量密度从何而来？根据量子力学不确定性原理，真空中充斥着粒子。这些粒子从虚空中借来时间和能量，随生即灭。但当理论学家计算量子真空的能量密度时，得到的数值却是异常大，大出了至少55个数量级。如果真空能量密度真有这么大，宇宙中所有的物质将立即分崩离析，星系也永远不可能形成。

这被认为是理论物理遭遇的最大窘境，但其实也可能是个极好的机会。虽然重新计算的结果有可能符合宇宙的加速膨胀的观点，但许多理论物理学家仍相信，在引入新的对称原理后，正确的计算应使量子真空的能量归零，因为即使是量子概念上的“无”也意味着权重为零。如果事实如此，那么宇宙的加速膨胀就另有原因。

理论物理学家们提出了五花八门的方案，有其他的隐藏的新维度，还有自然界中有时被称为第五元素的某种新的场。总的来说，这些假说都认为暗能量的密度并不是恒定的，而是会随着宇宙的膨胀逐渐减小。（不过也有人提出，暗能量的密度其实是随着宇宙的膨胀在增大的。）其中最激进的想法是，暗能量根本不存在，爱因斯坦的引力理论必须加以修改。

转折点

最近对远距离超新星的观测表明，在宇宙开始加速膨胀之前还存在着一个减速期（左图）。天文学家发现，如果宇宙始终在膨胀，或者星系间存在尘埃，那些红移大于0.6的Ia型超新星会比实际观测的更加明亮（图中每个点是具有相近红移的超新星的平均值）。结果显示，宇宙膨胀由减速变为加速的转折点大致是在50亿年前。如果天文学家能更精确地确定这一转折的时间，我们也许就能了解暗能量的能量密度是如何随时间演变的，或许还能弄清暗能量的本质（右图）。



不同的理论模型对应不同的暗能量密度变化规律，也就有着不同的转折点，即宇宙膨胀由减速变为加速的时间点。与认为暗能量密度保持不变的理论相比，暗能量密度随宇宙膨胀而减小所对应的转折时刻应来得更早些。即使是引力本身经过修改的模型也给出了明确的转折时刻。最近的超新星观测结果与假设暗能量密度为常数的理论相符，同那些暗能量密度在变化的模型也并不冲突，只有那些认为暗能量密度变化幅度很大的模型被排除了。

为了缩小理论范围，哈勃空间望远镜继续收集超新星的数据，以确定过渡期的具体细节。虽然只有空间望远镜有能力探索宇宙膨胀的早期历史，但仍有数个陆基望远镜项目力图提高对近期宇宙加速膨胀的测量精度，以求揭示暗能量的物理性质。其中最为雄心勃勃的项目要数由美国能源部协同美国国家航空航天局提出的联合暗能量任务（JDEM）。JDEM是一台专门用于寻找并精确测量上千颗Ia型超新星的广域空间望

远镜，直径为2米。它有望在下一个10年内发射升空，在那之前，探测遥远恒星爆发的任务只能交给哈勃望远镜。

揭开宇宙加速膨胀的面纱意味着确定宇宙的命运。如果暗能量密度是一个常数，或者随着时间在增长，那么大约在1,000亿年后，除了几百个星系外，所有星系都将因为红移得太厉害而无法被看到。但如果暗能量的密度在减小，物质再次主导宇宙，那我们宇宙的边界将再次拓展，我们会看到更广阔的宇宙。更加极端也更加致命的未来也依然是可能的。如果暗能量密度不减反增，宇宙将最终开始“玩命地加速”，星系、太阳系、行星乃至原子核都会一个接一个地被撕碎。而如果暗能量密度跌成负值，那么我们的宇宙将再次坍塌。唯有弄清暗能量的本质，方可预见我们宇宙的未来。

扩展阅读

Do Type Ia Supernovae Provide Direct Evidence for Past Deceleration of the Universe? Michael S. Turner and Adam G. Riess in *The Astrophysical Journal*, Vol. 569, Part 1, pages 18–22; April 10, 2002. Available online at **arXiv. org/abs/astro-ph/0106051**

The Extravagant Universe: Exploding Stars, Dark Energy and the Accelerating Cosmos. Robert P. Kirshner. Princeton University Press, 2002.

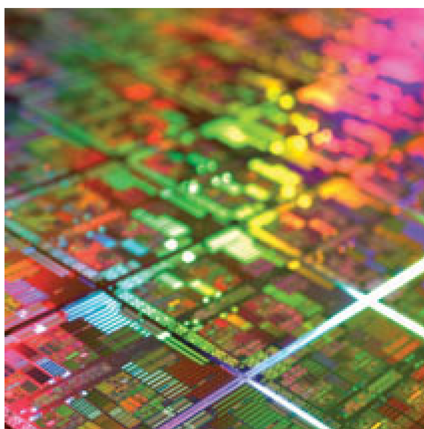
Connecting Quarks with the Cosmos. Committee on the Physics of the Universe, National Research Council. National Academies Press, 2003.

Is Cosmic Speed-Up Due to New Gravitational Physics? Sean M. Carroll, Vikram Duvvuri, Mark Trodden and Michael S. Turner in *Physical Review Letters* (in press). **arXiv.org/abs/astro-ph/0306438**

囚禁离子实现量子计算

在构建用单个原子来执行计算的超强计算机的道路上，研究人员已经迈出了第一步。

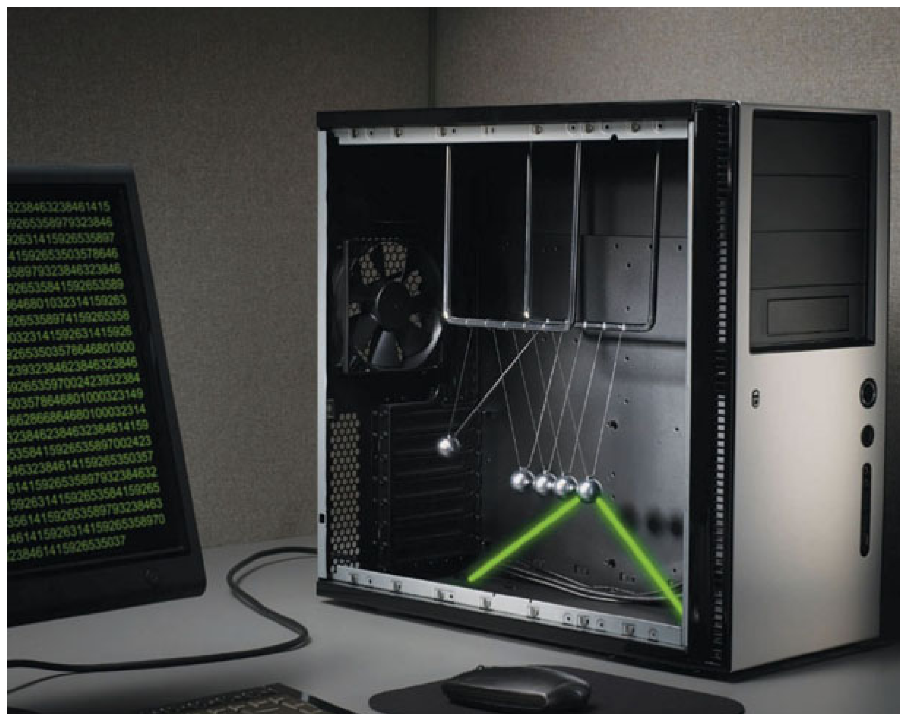
撰文／克里斯托弗·门罗（Christopher R. Monroe）
戴维·瓦恩兰（David J. Wineland）
翻译／周荣庭
审校／潘建伟



本文作者之一戴维·瓦恩兰因提供了对量子理论突破性的研究方法，获得2012年诺贝尔物理学奖。本文刊发于《科学美国人》2008年第8期。

本文译者周荣庭，翻译本文时为中国科学技术大学科技传播系副教授。

本文审校潘建伟，中国科学技术大学长江学者特聘教授、博士生导师。他系统地开创了量子通信的实验研究领域，首次成功制备了三光子、四光子、五光子纠缠态，并在多粒子纠缠的理论研究方面取得多项重要成果。



囚禁离子计算机能够编码离子串，并且利用它们来处理数据。这些离子串在某种程度上就如同牛顿基础力学体系中悬浮的金属球（如图所示），通过振荡运动相互作用。研究人员可以用调制的激光束照射离子，以这样的方式来操控它们。

克里斯托弗·门罗是美国马里兰大学的物理学教授，也是该校与美国国家标准与技术研究所组建的联合量子研究所的研究员。门罗的研究方向包括电磁捕获、激光冷却和原子及离子的量子控制等。

戴维·瓦恩兰1965年在美国加利福尼亚大学伯克利分校获得学士学位，并于1970年在哈佛大学获得博士学位。瓦恩兰是位于科罗拉多州博尔德的美国国家标准与技术研究所时间频率分部离子存储研究组的组长，该组的主要研究方向为激光冷却和基于囚禁离子的光谱学。

过去几十年来，随着技术的进步，计算机的运行速度和可靠性都获得了显著提高。就目前的计算机芯片而言，小到1平方英寸（约6.5平方厘米）的硅片上即可容纳近10亿个晶体管。未来的计算机元件的尺寸将会继续缩小，直至接近单个分子大小。当元件的尺寸接近甚至小于分子级别时，由这种元件制成的“计算机”和目前的计算机看起来会有天壤之别，因为此时支配元件运行的原理将是量子力学——一种可用来解释原子和亚原子运动的物理规律。量子计算机的最大潜力在于，在执行某些关键运算时，它的速度要远远快于现有的计算机。

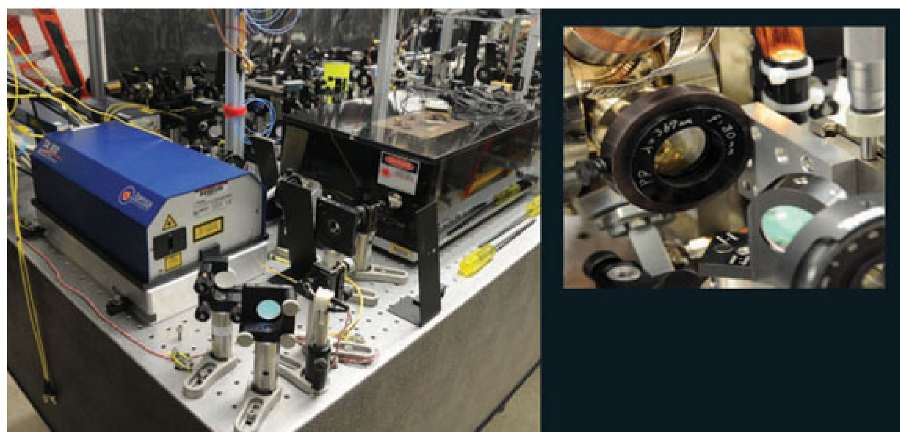
量子计算机

- 量子计算机可以利用原子、光子或人造微结构物体来存储和处理数据。这样的计算机有望破解一度被我们认为不可能解决的运算难题。
- 对囚禁离子进行操控是量子计算研究中最前沿的领域。研究人员可将数据存储于离子，并将信息从一个离子转移至另一个离子。
- 科学家认为，基于囚禁离子的计算机研发已不存在根本性的障碍。

在这些计算任务中，最具知名度的难题当数“将一个充分大的自然数分解成两个素数的乘积”。对计算机来说，处理两个素数相乘的运算是轻而易举的工作，哪怕这些素数有数百位的长度；然而，将一个自然数分解成素数因子的反向运算，交由计算机解决就异常困难，以至于它成了当今各种形式数据加密应用的基础——无论是电子商务的数据加密，还是国家机密的信息传送，概无例外。1994年，在贝尔实验室工作的彼得·肖尔（Peter Shor）指出：一台量子计算机在理论上能够轻易破解上述加密算法，因为它进行自然数因式分解的速度与任意一种已知的经典算法速度相比，有指数级提高。到1997年，同在贝尔实验室的洛夫·格罗弗

（Lov K. Grover）也证明，量子计算机有望显著提高对未经排序的数据库进行检索的速度。这种检索就如同只知道某个人的电话号码，要在电话本里查出他的姓名一样。

然而，构建一台量子计算机绝非易事。作为量子计算机的硬件，原子、光子或人造微结构物体以量子比特来存储数据，它们首先要满足两个几乎相互排斥的条件：量子比特必须与周围环境有充分的隔离，否则它们会遭遇外部干扰，从而终止自身的计算工作。这种被称为“退相干”的破坏性过程，成为了量子计算机的克星；但是，量子比特之间又不得不发生强烈的相互作用，并且最终必须要被准确测量，以便显示它们的计算结果。



桌面实验已经证明了量子信息处理的可行性。研究人员用激光器（左图中的蓝色装置）产生光束，光束被镜面反射之后穿越桌面到达包含囚禁离子的装置（上图）。离子经激光冷却后失去动能，便于研究人员对它进行操纵。

全球科学家正在各显神通，为第一台原型量子计算机的问世而努力。我们所做的研究集中在逐一利用带一个电荷的正离子来处理信息，这种正离子是由原子失去一个电子而形成的。我们已经可以捕捉一短串离子——利用附近的电极产生的电场将这些粒子限制在真空装置中。这样，它们就能接收输入的激光信号，并且彼此共享数据。我们的目标是开发可升级的量子计算机：这意味着该系统中量子比特的数目允许增加到几百甚至上千。这样的系统可以完成普通计算机无法完成的复杂处理任务，充分释放量子技术的潜能。

囚禁离子

量子力学是以波为基础的理论。就像两根或更多根琴弦发出的声波能够形成和弦一样，不同的量子态也能够组合成叠加态。例如，一个原子可以在同一时间处在两个位置，或者处于两种不同的激发态。对于处于叠加态的量子粒子被测量时的情况，传统的方式是这样解释的：这种状态会坍缩成一个单一的结果，每种结果在测量中出现的概率各有不同，这种概率由叠加态中各种波的相对比例确定（见第76页图）。一台量子计算机的潜力来源于量子的叠加态：常规的数字比特取值非0即1，但量子比特不同，它在同一时刻可以既是0也是1。一个由两个量子比特构成的系统能够同时拥有四个值——00、01、10和11。一般说来，一台有N个量子比特的量子计算机可以同时操作2^N个数字；一个只有300个原子的集合，如果每个原子存储一个量子比特，那么它们拥有的数值将比宇宙中所有粒子的总数还要多。

2的幂次

因禁离子计算机拥有的巨大潜力根植于这样一个事实：一个拥有N个离子的系统就能同时存储2^N个数字。这就意味着当N增大的时候，2^N的值将呈指数级增长。

$2^5 = 32$

$2^{10} = 1,024$

$2^{50} = 1,125,899,906,842,624$

$2^{100} = 1,267,650,600,228,229,401,496,703,205,376$

这些数量庞大的量子叠加态通常是纠缠的，这意味着各个量子比特的测量是相互关联的。量子纠缠被视为粒子之间一条无形的连线，这是经典力学无法解释的，被爱因斯坦称为“鬼魅般的超距作用”。例如，在我们所做的离子阱实验中，每个电动悬浮离子的行为都像一个微型条形磁铁；量子状态0和1分别相当于每个原子磁体可能具有的两个方向（比方说“上”与“下”）。当激光制冷通过原子散射光子耗尽了它们的动能时，离子便被约束在电磁阱里几乎静止不动。这些离子处在真空室中，与环境隔离，但它们之间的电子斥力使它们发生了强烈的相互作用，从而产生量子纠缠。当比人的头发丝还细的激光束照射到单个原子上时，存储在量子比特里的数据就可以被操纵和测量。

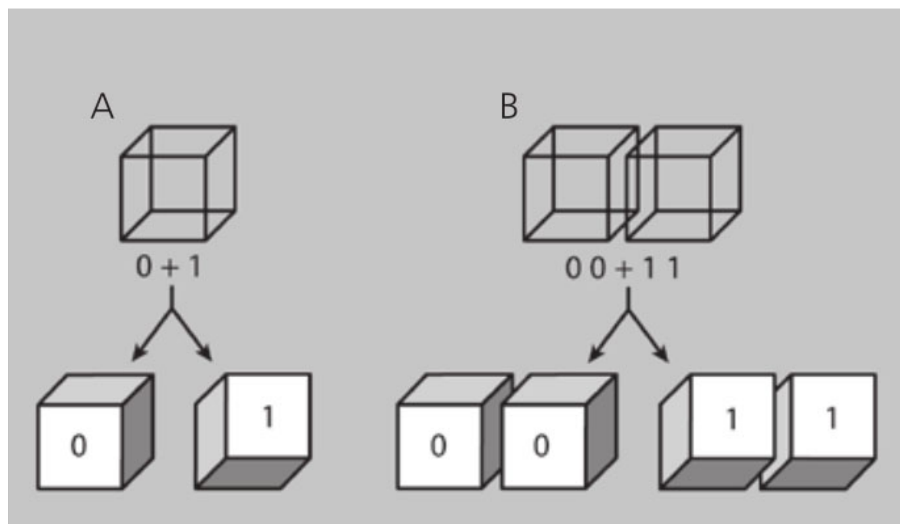
近几年来，科学家开展了多项利用囚禁离子进行量子计算的原理验证性试验。研究人员已经制造出多达8个量子比特的纠缠态，而且证明

这样的雏形量子计算机能够进行简单的运算。这直接表明增加囚禁离子将获得更多的量子比特数，当然还存在很多技术挑战。依照过去计算机的成功经验，进行量子计算还需要一些不同类型的量子逻辑门，每个量子逻辑门都将由一些囚禁离子构成。科学家可以借鉴现有的纠错技术，在量子世界中用多重离子对每个量子比特编码。这样，只要误差率足够低，信息的冗余编码技术就可使系统容忍这些误差。最终，一台实用的量子计算机至少要存储和操纵数以千计的囚禁离子。这些囚禁离子都置于微芯片上，在电极的作用下构成复杂的阵列。

量子纠缠

鬼魅般的超距作用

下图中的“不明立方体”（A）就像是一个处于叠加态的离子，对它进行测量就会获得两个确定状态（0或者1）中的一个值。当两个离子处于纠缠的叠加态（B）时，哪怕两个离子之间并不存在物理上的连接，测量也会使两个离子具备同样的状态（要么都是0，要么都是1）。



制造一台能够执行所有可能计算的“通用型”量子计算机，所需的首要条件就是可靠的存储器。当我们将一个量子比特置于0和1的叠加态时，该离子的磁力方向同时指向上、下两个方向；“可靠的存储器”就意味着，该量子比特在被处理或者测量之前，必须维持原有的叠加态。研究人员早就知道，处于电磁阱中的离子可以作为性能卓越的量子比特内存寄存器，它们量子比特叠加态的生命周期（也称为“相干时间”）已经

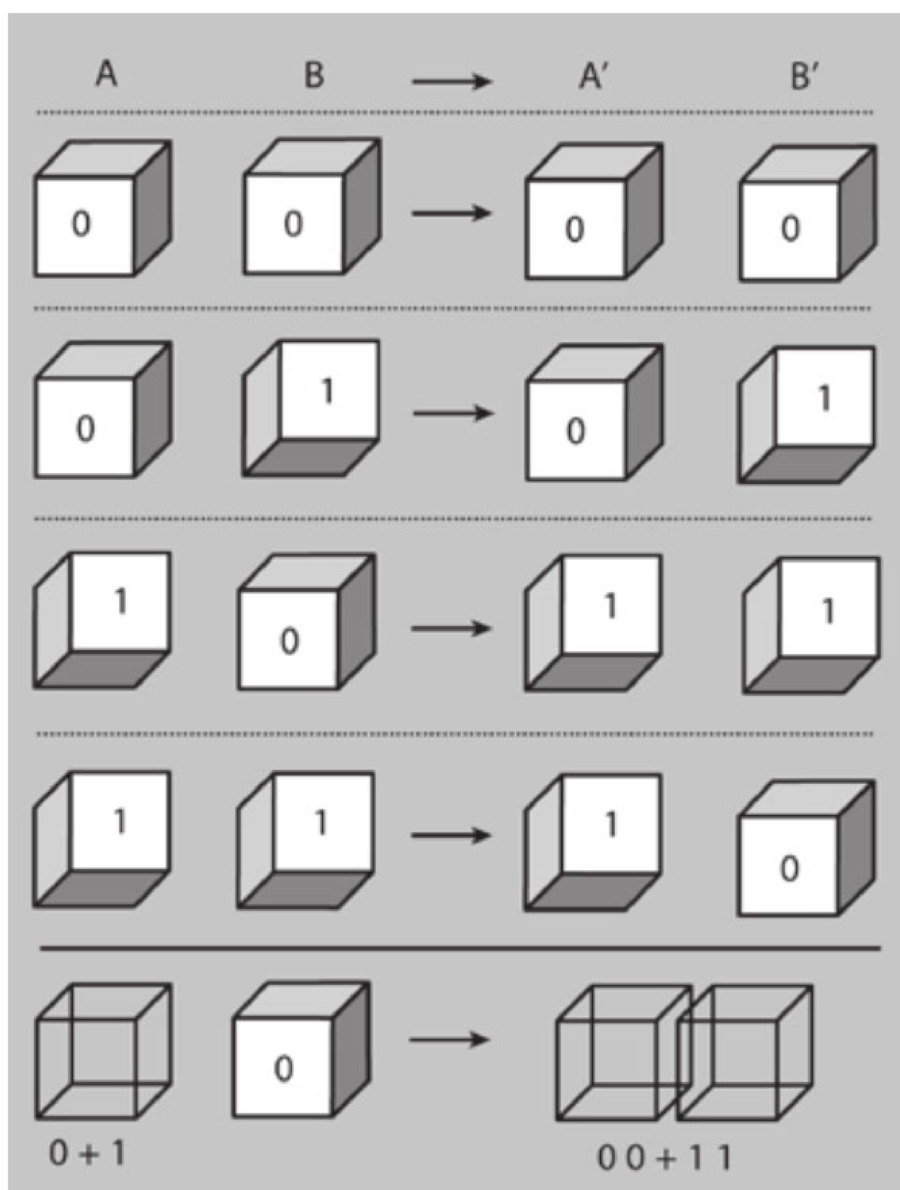
超过10分钟。这些叠加态之所以相对长寿，是因为离子与周围环境之间的相互作用极其微弱。

制造量子计算机的第二个关键条件，是要能够操纵单一的量子比特。如果量子比特是基于囚禁离子的磁力方向的话，那么研究人员可以在某一特定的时间段内，使用振荡磁场来翻转一个量子比特（将它从0变为1，反之亦然），或者使它处于一个叠加态。由于囚禁离子之间的距离非常短（通常只有几微米），为单个离子设置振荡磁场难以实现，但这一点又非常重要，因为我们经常试图改变某一个量子比特的方向，而又不想影响相邻离子的状态。当然，将激光束集中于任一指定的量子比特（或者多个量子比特），即可解决这一问题。

基础知识

真值表

一台基于囚禁离子的计算机有赖于逻辑门来执行运算，比如控非门。它可以由两个离子构成，分别是离子A和离子B。这个真值表说明：如果A（控制比特）的值为0，逻辑门会让B保持原有状态；如果A的值为1，逻辑门将会改变B的状态，将它的取值从0变为1，或从1变为0。如果A处于叠加状态（既为0又为1），逻辑门就会将两个离子变为纠缠的叠加态（就像第76页插图中B所显示的状态）。



制造量子计算机的第三个基本条件，是要有能力在量子比特间实现至少一种逻辑门。这种逻辑门可以与经典的逻辑门形式相同，比如传统计算机处理器的基本构成模块“与门”和“或门”，但它必须能够对量子比特独有的叠加态产生作用。一个双量子比特的常见逻辑门被称为“控非门”。我们把这两个量子比特称为输入A和输入B。A是控制比特：当A的值为0时，在控非门的作用下，B的值保持不变；当A的值为1时，控非门便会使B发生翻转，把它的值从0变为1，或者从1变为0（见第77页

图）。这种逻辑门也被称为条件逻辑门，因为对量子比特B的作用（是否翻转B的比特值）取决于量子比特A的状态。

为了在两个离子量子比特之间实现条件逻辑门，我们需要在它们之间产生一个耦合——换言之，它们需要彼此对话。因为两个量子比特都带正电荷，在库仑斥力的作用下，它们的运动会产生强烈的电耦合。1995年，奥地利因斯布鲁克大学的胡安·伊格纳西奥·西拉克（Juan Ignacio Cirac）和彼得·措勒尔（Peter Zoller）提出了一种方法，利用库仑相互作用来间接耦合两个离子量子比特的内部状态，并实现控非门。下面我们用一个类比对这些控非门做一个扼要的解释。

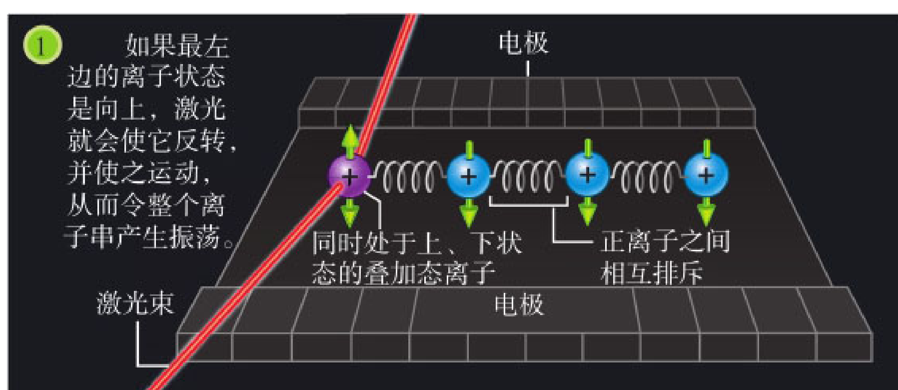
首先，设想一个碗里有两颗弹珠。假定这两颗弹珠都带电，而且互相排斥。每颗弹珠都想位于碗的底部，但在库仑斥力的作用下，它们最终会停在碗壁相对的两侧的稍高位置。在这种情况下，两颗弹珠倾向于一前一后地运动：比如，它们能够在保持一定间距的同时，沿着行列方向在碗里来回摆动。一对位于离子阱里的量子比特也会出现这样的共同运动，它们会像两个被弹簧连接在一起的摆锤一样来回摆动。研究人员可以将激光束调制到电磁阱的固有振荡频率，进而通过产生的光压来激发这样的共同运动（见第79页图）。

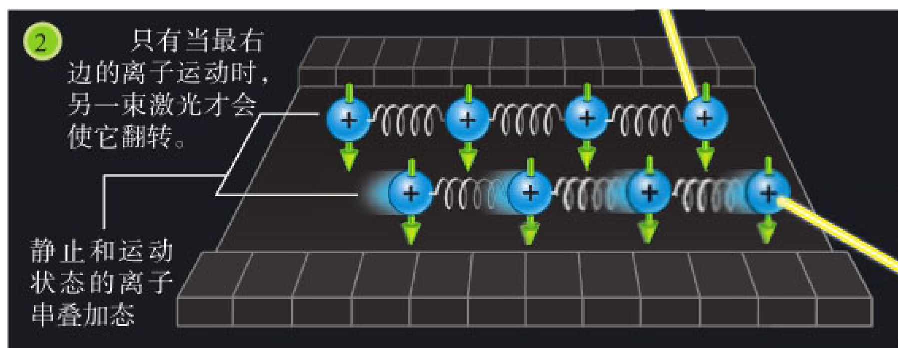
更为重要的是，只有当离子的磁力方向朝上，对应的量子比特值为1时，激光束才对离子产生作用。而且，当这些微型条形磁铁在空间中摆动时，它们会发生旋转，旋转的幅度取决于单个或两个离子的量子比特值是否为1。最终结果是，如果用一束特定的激光在一段精确的时间内持续照射离子，我们就可以构建一个控非门。当量子比特在叠加态被初始化时，控非门的作用就会使离子产生纠缠，构成一个基本的操作，进而实现多个离子间任意的量子计算。

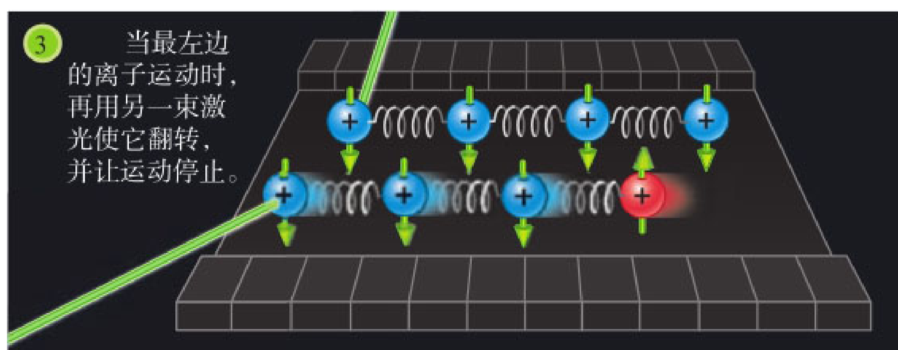
一种解决方案

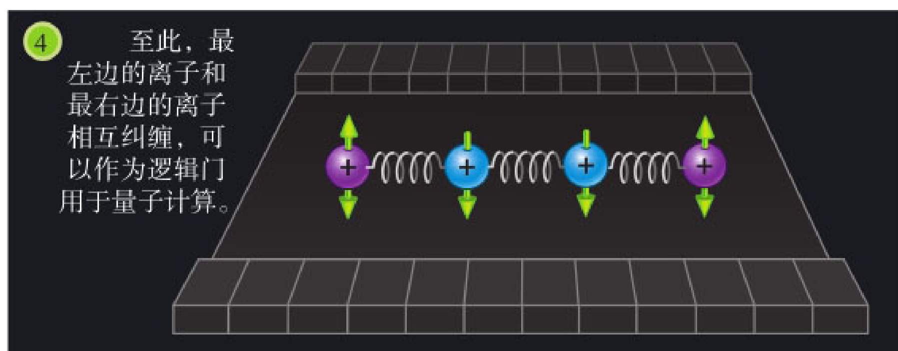
离子串

建造囚禁离子计算机的一种方法是，通过离子间的共同运动将它们联系起来。此时，离子串悬浮在两组电极阵列之间的电场里。因为带正电的粒子相互排斥，施加于某一离子的任何振荡运动（如激光造成的振荡）会传递到整条离子串上。激光还可以翻转离子的磁力方向，这就可以对离子串携带的数据进行编码——向上可以对应为1，向下对应为0。


1
如果最左边的离子状态是向上，激光就会使它反转，并使之运动，从而令整个离子串产生振荡。
电极
同时处于上、下状态的叠加态离子
正离子之间相互排斥
激光束
电极

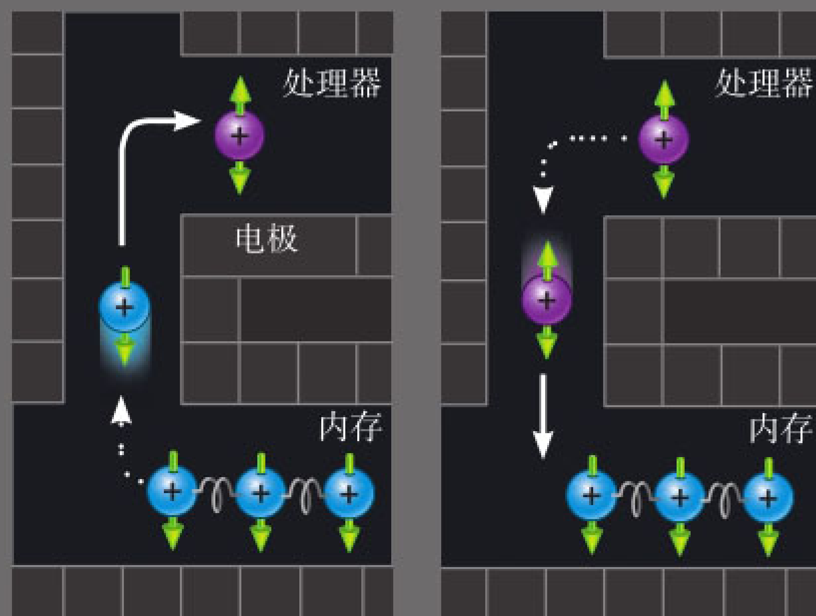

2
只有当最右边的离子运动时，另一束激光才会使它翻转。
静止和运动状态的离子串叠加态

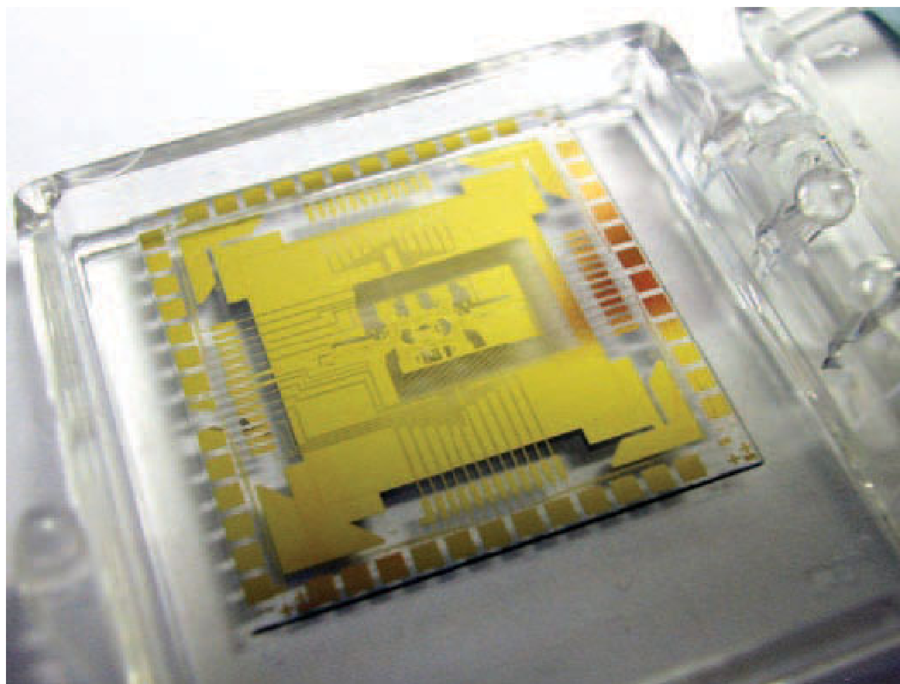

3
当最左边的离子运动时，再用另一束激光使它翻转，并让运动停止。


4
至此，最左边的离子和最右边的离子相互纠缠，可以作为逻辑门用于量子计算。

展望未来

然而，将这个系统的离子数升级到更多时就会面临诸多难题。离子数超过20的长串几乎无法受到控制，因为这么多离子共同运动的集体模式会相互干扰。因此，科学家开始开发网格阱，它可以使系统内存里某条离子串中的离子移动到处理数据的另一离子串中。这样离子形成的量子纠缠就允许数据从网格阱中一个区域转移到另外一个区域。





美国国家标准与技术研究所已经开发出一种多区域离子阱。

多家实验室在实现控非门方面取得了进展，其中包括来自因斯布鲁克大学、密歇根大学安阿伯分校、美国国家标准与技术研究所和英国牛津大学的研究团队。但是，这些实验室实现的控非门并不理想，因为它们都受到了诸如激光强度变动和周边电场噪声等因素的影响，正是这些因素危及了离子在激光激发下的运动完整性。目前，研究人员已经可以制造出一个双量子比特的控非门，保真度稍高于99%，即运行中产生误差的概率低于1%。不过，对量子计算机而言，只有在纠错率达到99.99%的时候，它才能正常工作。对所有研究囚禁离子的小组来讲，一项主要的攻关任务是尽可能减少背景噪声的干扰，并达到上述纠错率；尽管这样的任务会遇到艰难险阻，但通往成功道路上的根本性障碍已不复存在。

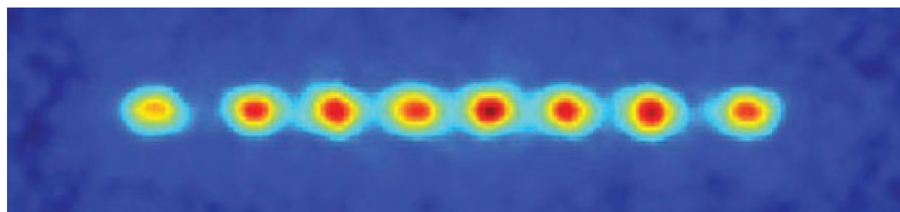
离子高速公路

研究人员能通过囚禁离子制造出性能全面的量子计算机吗？非常遗憾，那些含有超过20个量子比特的长离子串几乎是不可控的，因为它们那些共同运动的集体模式会相互干扰。因此，科学家已经开始探寻这样

的方法：将量子硬件划分成可控板块，通过在量子计算机芯片上穿梭运行的短离子串来执行运算。电荷力可以在不扰乱离子内部状态的情况下驱动离子串运动，因而可以保存它们所携带的数据。研究人员也可以将一个串与另一个串产生纠缠来执行处理任务，这些任务需要多个逻辑门的运算。某种程度上说，这种结构类似于我们熟知的数码相机上使用的电荷耦合器件（CCD）。就像CCD可以驱动电荷穿过一组电容器阵列一样，量子芯片也可以驱动一串离子在线性网格阱中穿梭。

美国国家标准与技术研究所进行的诸多囚禁离子实验，都会让离子穿梭于多个区域构成的线性阱。然而，这种方法在扩展到更大的系统中时，就需要更为精密复杂的结构，以便众多电极可使离子在任一方向上运动。这些电极必须十分微小，大概介于10^{-7} ~ 10^{-8}米之间，这样才能精确地限定并控制离子穿梭运动的过程。幸运的是，基于囚禁离子的量子计算机的制造者可以充分利用微细加工技术，诸如微机电系统、半导体光刻等技术。这些技术已经成功地应用到传统计算机芯片的制造之中。

2007 ~ 2008年，有几个研究小组已经展示了第一批集成离子阱。密歇根大学和马里兰大学物理学实验室的科学家应用具有半导体结构的砷化镓来制作量子芯片。美国国家标准与技术研究所的研究人员开发了一种新型的离子阱几何结构，可使离子悬浮于芯片表面。阿尔卡特 - 朗讯公司和美国桑迪亚国家实验室的研究小组，则在硅芯片上设计出一种更为奇特的离子阱。这些芯片上的离子阱开发尚有很多后续工作要做。由离子阱周边表面散发出的原子噪声仍需减少，这或许可以通过液氮或液氦冷却电极来实现。研究者还必须巧妙地设计好离子穿过芯片的路径，以避免这些粒子受热以及它们的位置被打乱。例如，离子穿梭于T字形接口这样简单的拐角，就需要电荷力的精确同步。



由8个钙离子组成的悬浮串被限制在一个真空室中，经激光冷却后几乎静止不动。这样的离子串即可用来执行量子计算。

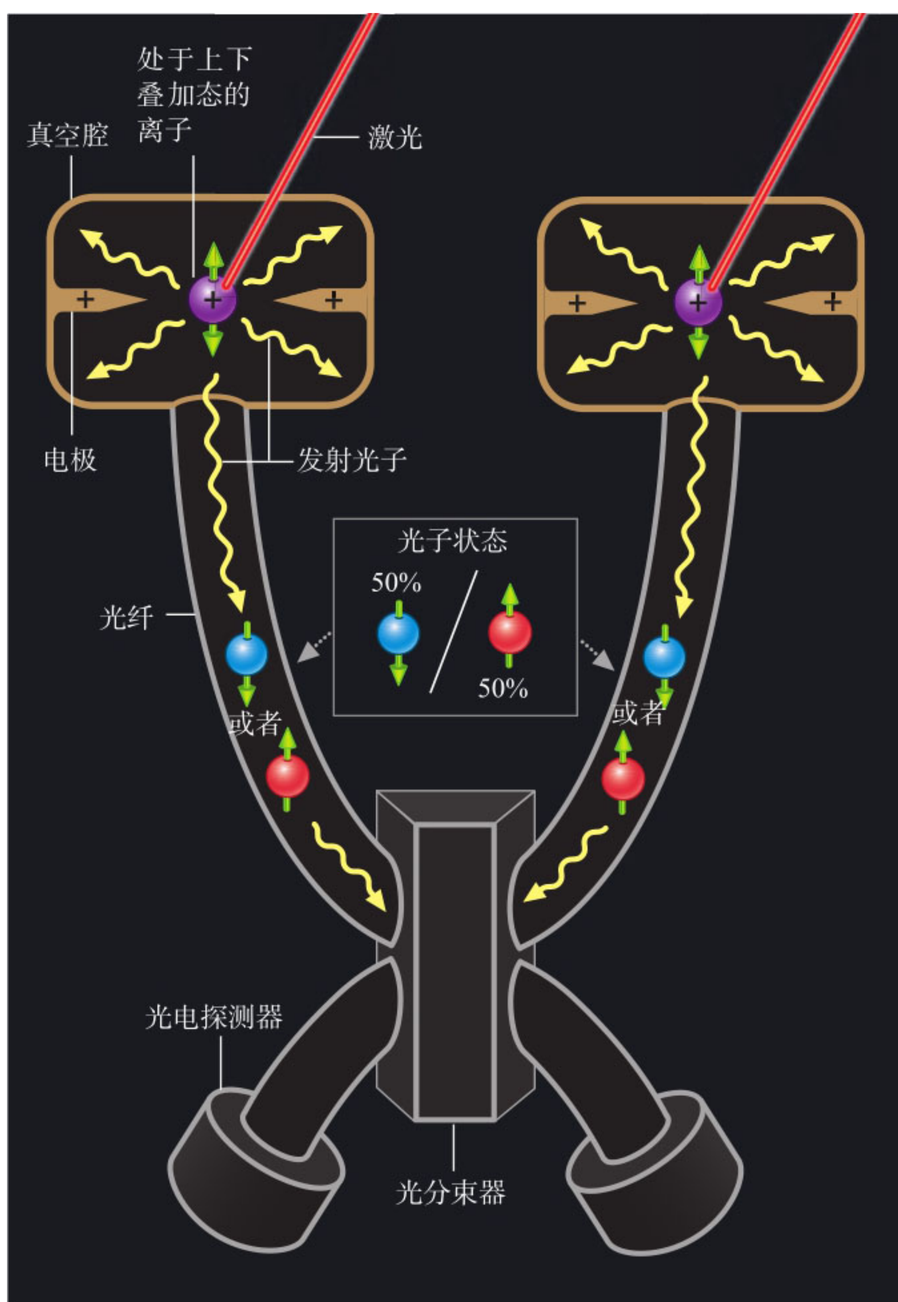
光子连接

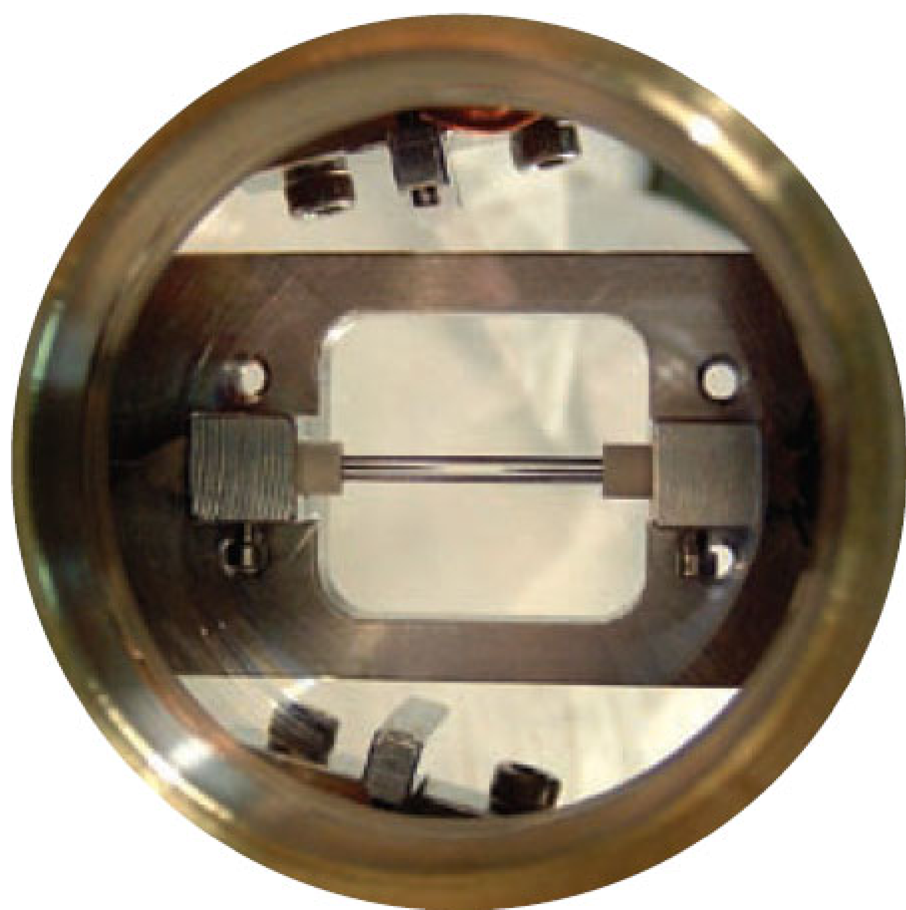
与此同时，另一些科学家则在探寻用囚禁离子构建量子计算机的替代方案，这种方案可以避开控制离子运动所遇到的部分难题。与通过离子的振荡运动来耦合这些离子不同，研究人员将光子与量子比特联系起来。2001年，西拉克、措勒尔以及他们的同行——密歇根大学的段路明（Luming Duan）、哈佛大学的米哈伊尔·卢金（Mikhail Lukin）描述了他们的设想：让每个囚禁离子发射出光子，这些光子的偏振或颜色等属性，就会和离子发射器内部有磁性的量子比特状态相纠缠；然后，光子将沿着光纤传到光分束器。光分束器往往用于将光束一分为二，然而，它在这里有着相反的用途：光子从两个相反的方向抵达光分束器，如果这些粒子的偏振和颜色相同，它们将顺着同一条路径出现。但是，如果这些光子的偏振和颜色不同——这意味着那些囚禁离子处于不同的量子比特状态——这些光子就会互相干扰，并沿不同的路径射入一对光电探测器（见第82、83页图）。这里颇为关键的是，在这些相互干扰的光子被检测到以后，我们就无法分辨哪个离子发射了哪个光子，这一量子现象将引发离子之间的纠缠。

另一种方法

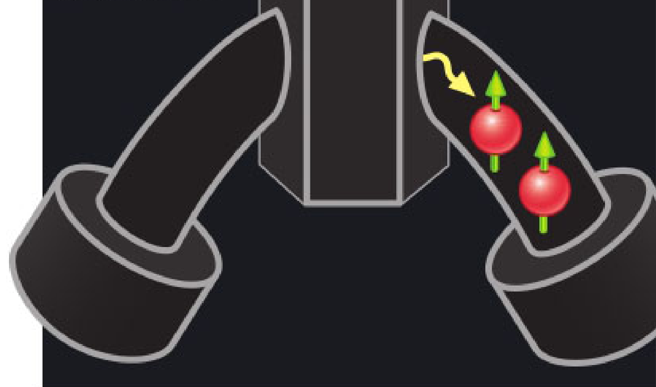
连接离子和光子

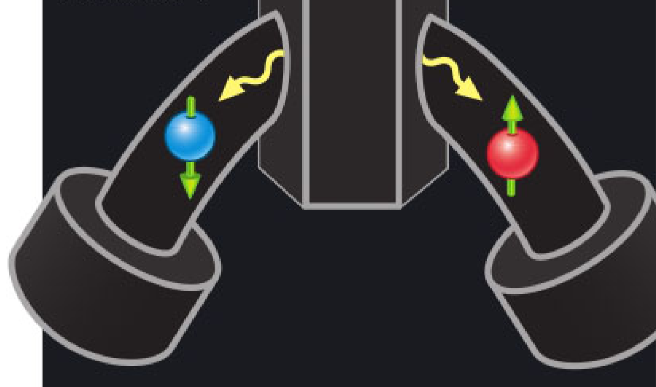
另一种基于囚禁离子的计算机应用替代方案是，把离子和它们发射的光子连接起来。两个相距甚远的囚禁离子（紫色），均孤立于一个真空管中（见下面的照片），可被激光脉冲激发，并将光子发射到光纤中。光子的频率取决于离子的磁力方向；离子发射的光子处在比例对半的叠加状态——一半状态向上，一半状态向下，分别处于不同频率的叠加态（本例中即一半是红色，一半是蓝色）。如果来自两个离子的光子处于相同状态，光分束器就会把它们同时导入一个光电探测器。不过，如果这两个光子处在不同的状态，它们将被导入不同的探测器。一旦这种情况发生，两个离子就会纠缠在一起，因为研究人员无法识别哪个离子发射了哪个光子。

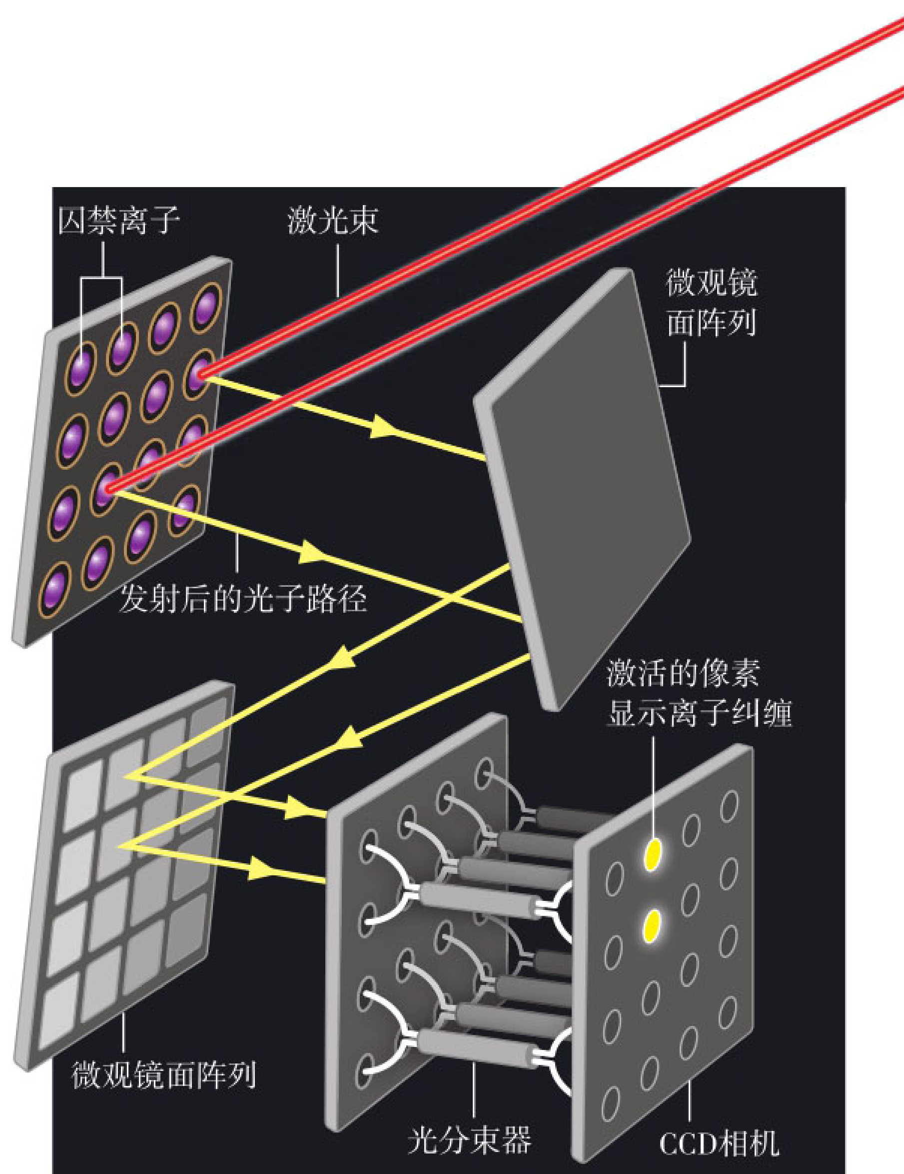

处于上下
叠加态的
离子
真空腔
激光
电极
发射光子
光子状态
50%
50%
光纤
或者
或者
光电探测器
光分束器




结果 1
25%的概率


结果 2
25%的概率


结果 3
50%的概率



未来前景

研究人员对这种连接光子的方案颇感兴奋，因为它提供了一种相对简单的方法来连接大量的离子。激光束能够直接射到囚禁离子的阵列上，发射出的光子能够穿越一组光束分配器。一台CCD相机即可探测到两个离子是否发生了纠缠，而每一个纠缠都会增加囚禁离子计算机的处理能力。

然而，这些发射出来的光子并不是每次都能被成功地收集和检测到。事实上，绝大部分时间里，这些光子都丢失了，致使离子无法获得纠缠。但是，我们还是有望纠正这样的错误：只要多次重复这一过程，

一直等到检测仪同时检测到这些光子为止。这样的情形一旦出现，即使这些离子相距甚远，操纵一个量子比特也会影响到另一个量子比特，从而让构建控非门这样的逻辑门成为可能。

来自密歇根大学和马里兰大学的科学家，已经成功地使两个相距约1米的囚禁离子的量子比特发生纠缠，这正是通过囚禁离子发射出的光子干涉现象实现的。该实验中最大的障碍是纠缠发生的概率很低。将这些单个光子捕获进入光纤的可能性非常小，以至于这些离子每分钟产生的纠缠只有几次。若要显著提高这个概率，就需用高效的反光镜将每个离子围在一个所谓的“光腔”之中。这种光腔可以极大地提高光纤中离子发射的耦合，但这在目前的实验中还难以实现。尽管如此，只要这种干涉最终发生，研究者就可以利用这个系统进行量子信息处理（这个过程就好比在一个新的房间内安装有线电视，虽然你可能要多次拨打电话让服务提供商来安装这个系统，但只要同轴电缆安装好，你就可以收看电视）。

此外，研究人员可以将量子逻辑门的运算扩大到更多的量子比特上，这就需要通过光纤来连接另外的离子发射器，并重复该进程，直到产生更多的纠缠连接。同时应用光子耦合和此前提到的运动耦合，还有可能将相距遥远甚至位于地球两端的几个囚禁离子簇连接起来。这正是隐藏在“量子转发器”背后的理念。在量子转发器中，一些小型量子计算机以一定距离周期性排布联网，用于维护一个可以穿行数百千米的量子比特。如果没有这个系统，数据通常会永久性丢失。

量子的前景

现在看来，建造一台量子计算机，轻松地完成让今天的传统计算机陷入困境的艰巨挑战，比如分解大数因子等，还为时尚早。不过，量子信息处理的某些特性已在现实世界有了用武之地。比如说，一些双量子比特门的简单逻辑运算可以用在原子钟上，这种设备利用原子在不同量子状态间转换时产生的辐射频率来精确测定时间。研究人员还能应用囚禁离子纠缠技术增加光谱测量（根据受激原子的发射光进行分析）的灵敏度。

微小的量子世界

从某种意义上说，以单个原子为存储器元件构建的计算机已是计算机小型化的天然极限。但是，正如物理学家理查德·费曼（Richard Feynman）在他1959年题为“微小世界仍有许多空间”的演讲中所说的那样：

当我们到达了这个非常微小的世界，例如由7个原子组成的电路，我们会发现许多可以用来实现全新设计的新事物。原子在微观层面的特征与在宏观层面截然不同，因为在微观层面上，原子将要遵循量子力学的法则。

量子信息领域的科学发展使计算规则发生了根本性变化。对囚禁离子的收集工作则是这个领域最前沿的研究方向，因为这些研究所取得的环境隔离水平，是其他大多数物理系统无法比拟的。同时，借助于激光，研究人员可以轻易制备和测量少数离子形成的纠缠量子叠加态。在未来几年中，我们期待着新一代囚禁离子芯片问世，为制造拥有更多量子比特的量子计算机铺平道路。到那时，科学家最终将建造出我们梦寐以求的量子计算机，破解一度被我们认为无解的难题！

扩展阅读

Quantum Information Processing with Atoms and Photons. Christopher R. Monroe in *Nature*, Vol. 416, No. 6877, pages 238–246; March 14, 2002.

Rules for a Complex Quantum World. Michael A. Nielsen in *Scientific American*, Vol. 287, No. 5, pages 66–75; November 2002.

The Limits of Quantum Computers. Scott Aaronson in *Scientific American*, Vol. 298, No. 3, pages 62–69; March 2008.

填补“绿光空白”

半导体可以产生除绿色外所有颜色的激光。但新的绿色激光二极管制造技术将很快使全光谱显示成为现实。

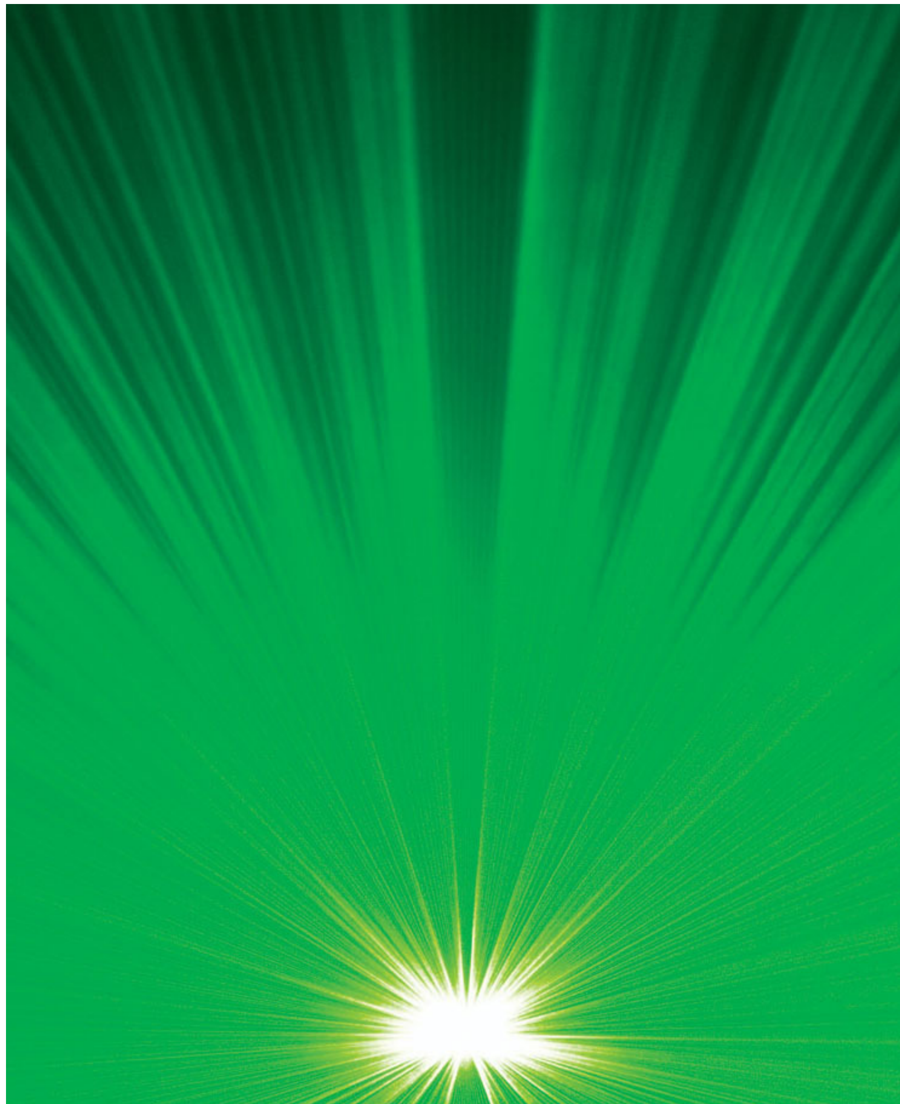
撰文／中村修二（Shuji Nakamura）
迈克尔·赖尔登（Michael Riordan）
翻译／陈振
审校／朱启



本文作者之一中村修二因发明高亮度蓝色发光二极管，获得2014年诺贝尔物理学奖。本文刊发于《科学美国人》2009年第4期。

本文译者陈振，翻译本文时为美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校固态发光和能量中心及该校电子与计算机工程系助理项目科学家，研究方向为氮化镓基材料和器件。

本文审校朱启，旅美作家，时任加利福尼亚大学圣巴巴拉分校中国学生学者联谊会首席顾问。



中村修二是美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校材料系教授，并担任该校固态发光和能量中心主任。他因为在蓝色激光二极管和发光二极管中的工作获得了2006年千禧科技奖。

迈克尔·赖尔登在美国斯坦福大学和加利福尼亚大学圣克鲁斯分校教授物理及科技发展史。他与人合著了《晶体之火：晶体管的发明及信息时代的来临》。

对于四季如春的南加利福尼亚来说，1月份正是一年中稀有的雨季。2007年1月下旬一个星期六的上午，外面下着雨，美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校校委会的成员们正在召开周末分析例会。校长杨祖佑（Henry Yang）突然接到一个紧急电话。他匆匆向身边的助手交代了几句，就抓过自己的外套和雨伞，急急忙忙地穿过雨幕下微寒的校园，走进了固态发光与显示中心的大楼。本文作者之一中村修二就是这个科研中心的成员，因为发明了第一个蓝色发光二极管，他刚刚获得千禧科技奖。而在取得这项突破性进展之后，中村修二又进入固态（半导体）发光领域继续从事开创性研究。十几年来，他相继研发出了绿色发光二极管和目前的蓝光播放器中的核心器件——蓝色激光二极管。

杨祖佑校长在10分钟后到达科研中心，人们正聚集在一间小小的测试实验室里。“中村修二也是刚到不久，还是穿着那件皮夹克，正站在那里询问。”杨校长回忆道。中村修二的同事史蒂文·登巴斯（Steven DenBaars）和詹姆斯·斯佩克（James C. Speck）正与几个研究生及博士后讨论着什么。大家一边讨论，一边轮流看显微镜。轮到杨校长时，他从显微镜中看到，一束耀眼的蓝紫色光从玻璃般的氮化镓芯片中发射出来。

几天以后，美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校固态发光与显示中心的合作伙伴之一，日本京都罗姆公司的一个科研小组也采用类似材料完成了上述壮举。蓝色发光二极管本身并不是一个巨大的革命，但日本日亚化学工业株式会社（位于日本德岛，中村修二在那里工作到2000年）、索尼公司和其他一些公司在制造蓝光播放器所用的廉价氮化镓蓝光激光器时都陷入了困境。这些二极管的传统制造方法存在一些固有的缺陷，导致成品率低且成本高。

绿色激光

- 固态激光器可以直接产生红光和蓝光，但不能产生绿光。
- 科研表明，“绿光空白”在2009年已被填补。
- 这些进展可以使全激光图像投影仪缩小，以安装在手机中。

美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校和罗姆公司的研究小组正在研发一种新的方法，用氮化镓及相关合金的晶体层来制造激光二极管。这种方法不仅意味着成品率更高，还有望取得更大的突破：制造出坚固紧凑的氮化镓绿光激光器——这是科学家和工程师梦寐以求的。这种绿色发光二极管将比目前的器件更加高效，会发出更多的光。

进化使人类对绿色最为敏感，但各种激光器却无法直接发出绿光。上述成果即将改变这一现状，填补全色激光显示和激光投影仪所需的红绿蓝色光三原色中的“绿光空白”。这将使激光投影仪更快地应用于电视机和电影院，显示出比其他系统更为丰富的色彩；手持“微型投影仪”也将更快地应用到手机之类的电子产品当中。大功率绿色发光二极管还可应用于脱氧核糖核酸（DNA）测序、工业流程控制、水下通信等许多领域。

新视角

20世纪90年代中期，人们开始使用氮化镓及其合金材料来制造发光二极管和激光二极管，这一重要进展催生了高亮度蓝光固态发光技术。此前，大多数研究者把研究重点放在硒化锌及其相关化合物上。新方法将一层非常平整的、纳米级厚度的铟镓氮薄膜夹在两层氮化镓之间（见第92页图），这种结构被称为异质结构或者量子阱。

通过施加适当的电压，研究者建立起一个垂直于这些层的电场，来驱动存在于铟镓氮活性层中的电子和空穴（原子之间共价键上的价电子脱离后形成的空洞，可以简单理解为带正电荷的准粒子）。在这狭窄的沟道里，电子和空穴相互复合形成光子。活性层半导体材料的性质精准地决定了这些光子的能量。通过增加合金中铟的含量，可以降低光子能量，从而使光波波长变长，使颜色由紫到蓝，由蓝到绿。

绿色激光笔如何工作？

很久以前，绿色激光就可以通过两个步骤产生。首先，由内置半导体激光器产生波长为1,060纳米的红外光。再用红外光去激发共振波长为该激光波长一半（约

530纳米）的晶体，绿光便产生了。这种工艺既昂贵，又低效，而且不精确——第二块晶体在使用时温度升高，会改变绿光波长。能够直接产生绿光的激光二极管可以避免这些问题。

发光二极管中的光子几乎没有停留，立即离开量子阱，最多反射一两次就会射出器件，或者被其他层吸收。但激光二极管能产生相干光，光子大都被限制在沟道中。两个高反射率的镜面，通常是二极管两端经过抛光处理的晶体表面，可使光子在沟道内不停地来回反射，进一步激发电子–空穴复合。通过这种“受激发射”过程产生的激光，就像铅笔芯一样，细而直，颜色也极纯。

氮化镓二极管的传统制法，是把一片蓝宝石薄衬底（或使用越来越多的氮化镓衬底）放入反应室。热气流依次把镓、铟和氮原子沉积在衬底上，每一个单晶层中的元素量都必须精确控制。每一层中的原子按照已经存在的晶体结构自动排列，这些结构则由衬底决定。晶体层一个原子一个原子地生长，平行于衬底*C*面，垂直于晶体六边形结构的对称轴（见第94页图）。

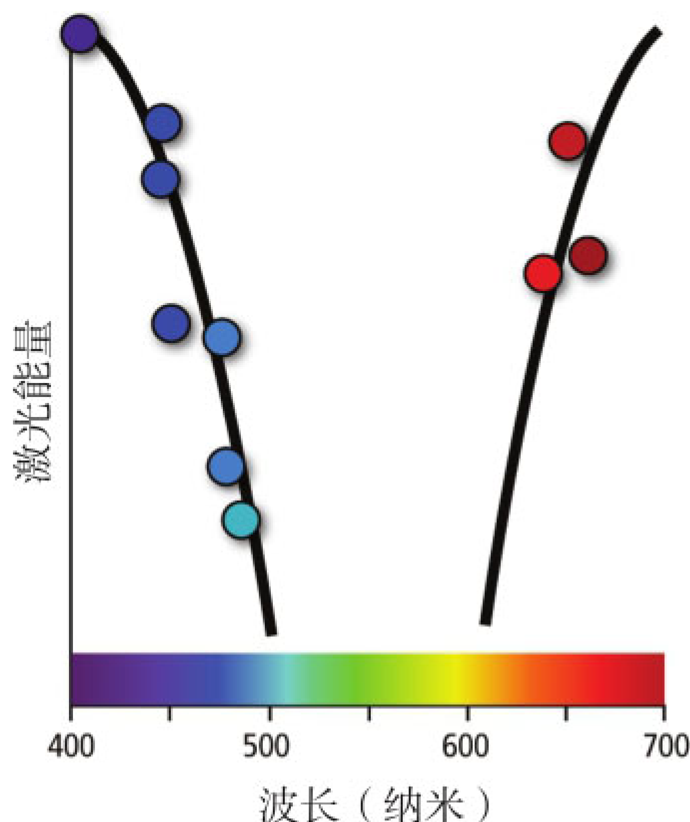
不幸的是，带正电荷的镓离子或铟离子和带负电荷的氮离子一层层间隔排列，它们之间的静电力和内应力会产生垂直于C面的强电场，强度可能高达每微米100伏，相当于在一个普通人的头顶和脚底加上大约2亿伏的高压。电场抵消了外部施加的电压，把电子和空穴拉开，使它们难以复合并产生光。实际情况是，电子堆积在长长的量子舞厅的一端，空穴则聚集在另一端，双方都不愿意走到对面去彼此相见。

当发出的光线由紫变蓝、由蓝变绿时，令人困扰的量子限制斯塔克效应就变得特别严重：随着二极管中通过的电流逐渐加大，越来越多的载流子会屏蔽一部分使电子和空穴彼此分开的内部电场。随着这些电场部分被屏蔽，能量较高的电子和空穴有机会复合，使发光波长朝光谱的蓝色方向偏移（即蓝移）。由于存在这些问题，10多年来，绿色激光二极管和高效率绿色发光二极管都只能是一个无法实现的梦想（演讲者常用的激光笔也能发出绿光，但采用的方法无非是让半导体激光器发射红外辐射，再通过一种复杂而低效的倍频技术转换为另一种激光罢了）。

绿光空白

科学家们很早就发明了能发射红光的半导体激光器。21世纪以来，他们又征服了

波谱中的蓝色和紫色部分。然而，当他们试图把这些激光的发射波长推进到绿色波段时，产生的激光功率便急剧下降。



美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校和罗姆公司研究小组开创的方法试图回避这些问题，他们首先沿大块结晶氮化镓的M面切片，然后把所得到的M面薄晶抛光（见第94页图）。在这些所谓的非极性衬底上制造的二极管，不会遇到常规极性C面器件的问题，这是因为由极化和内应力引起的“麻烦”的电场要弱得多。

生长在氮化镓衬底上的二极管，也比蓝宝石上的二极管发光效率更高，这是因为它们的结晶缺陷更少。结晶缺陷是指相互连续的不同层间界面上细小的不规则和不匹配，这种缺陷处的电子和空穴在复合时会产生不必要的热量，而不是我们想要的光。这些缺陷在生长过程中很容易向上蔓延，贯通二极管中的各个连续层，形成所谓的线位错，并直达活性层。当日亚化学工业株式会社和索尼公司首次尝试生产蓝色激光二极管时，这些缺陷就造成了极大的破坏。和蓝宝石衬底相比，采用氮化镓

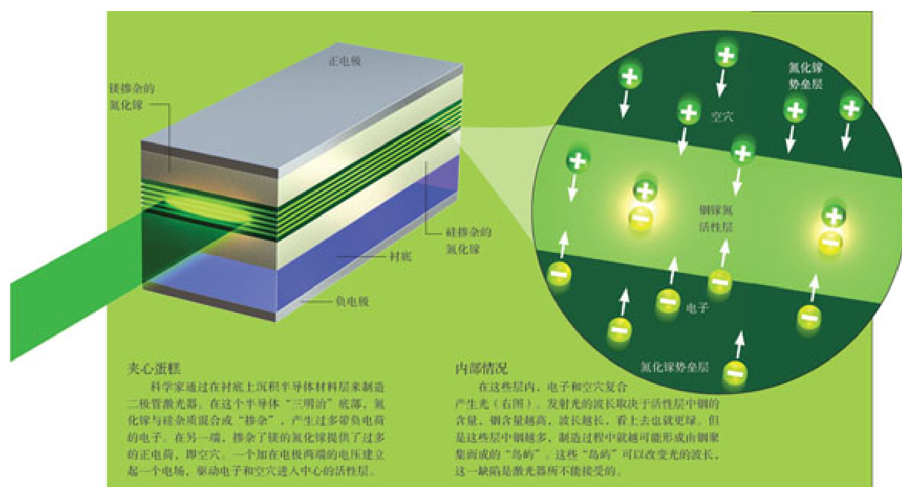
衬底生长氮化镓或相应的合金，出现缺陷的情况就少得多。因此，生长在非极性氮化镓上的二极管可以发出更多的光，并减少相应的热量释放。

非极性技术最早是在20世纪90年代后期提出的。2000年以来，好几个研究小组都开始尝试利用这种技术，这里面就包括美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的登巴斯和斯佩克的小组。由于缺乏高质量的氮化镓衬底，早期器件性能一般。然而从2006年开始，日本东京的三菱化学株式会社（另一个合作伙伴位于美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校中心），开始向罗姆公司和美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的研究小组提供优良的低缺陷M面氮化镓衬底。这些边长不到1厘米的衬底，是从铅笔橡皮擦般大小的小氮化镓晶体上切下来的。

基础知识

半导体激光器运行机制

在固体激光器里，电子遇到带正电荷的粒子（空穴），彼此复合并产生光。要调整这束光的波长，科学家必须改变半导体的内部材料。但是这样做可能会导致其他问题。



有了新材料，2006年年底，罗姆公司和美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校制造出了更高效的发光二极管，并在2007年年初开始努力研制更具有挑战性的激光二极管。2007年1月27日，在那个下雨的星期六的上午，美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校研究生马修·施密特（Matthew

Schmidt）在实验室里完成了制造激光二极管最后的步骤，他把二极管拿到附近的测试实验室接上了电源。当他增大通过二极管的电流时，突然，一束蓝紫色光束发射出来了。

“哇！”施密特想，“我终于可以毕业了！”

他马上打电话给他的导师登巴斯。登巴斯的第一个念头是马修·施密特在开玩笑，但他还是很快通知了杨校长和研究小组中的其他人。于是便有了本文开头的那一幕。他们都在数分钟内抵达实验室，亲眼看到了这个令人惊讶的成果。这是第一个非极性氮化镓激光二极管，工作波长为405纳米；罗姆公司几天后制造的第一个类似器件也能发出同样波长的激光。通过这些二极管的电流只有日亚和索尼生产的商用器件的2～3倍，这表明任何发热问题都是可控的。

走向绿色

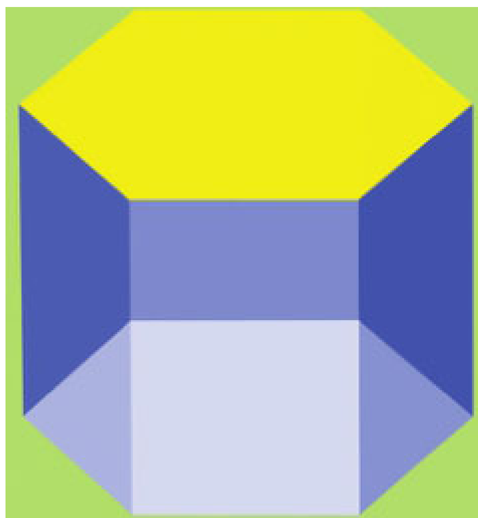
在取得上述突破之后，美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校团队决定放弃极性二极管方面的大部分工作，专注于非极性器件，并且开始研究基于“半极性”氮化镓衬底的相关生长方法。半极性晶片切割角与主轴线约成45°角（见第94页图）。虽然在半极性衬底上制备的二极管中，内部电场要比非极性二极管中的电场高，但仍比极性二极管中的电场低得多。美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的研究人员希望能够用制备出的这些二极管中的一种，制造出第一个绿色激光二极管，甚至波长更长的高功率发光二极管。罗姆公司也在这些领域发力，把精力集中在了非极性衬底上。

然而，新衬底本身并不足以超越蓝色。绿色激光二极管需要在铟镓氮活性层中添加更多的铟，但额外的铟会加大内应力并影响晶体结构。它增加了晶体缺陷的数量，反过来又降低了光输出，并产生多余的热量。尽管缺陷增加，发光二极管仍然可以工作，但当颜色由蓝变绿时，效率会明显下降。而且，激光二极管更加挑剔，不能容忍如此多的缺陷。到本文刊发时，这种激光二极管取得的最大波长是488纳米，在频谱中处于蓝绿色（或青色）区域。

解决方案

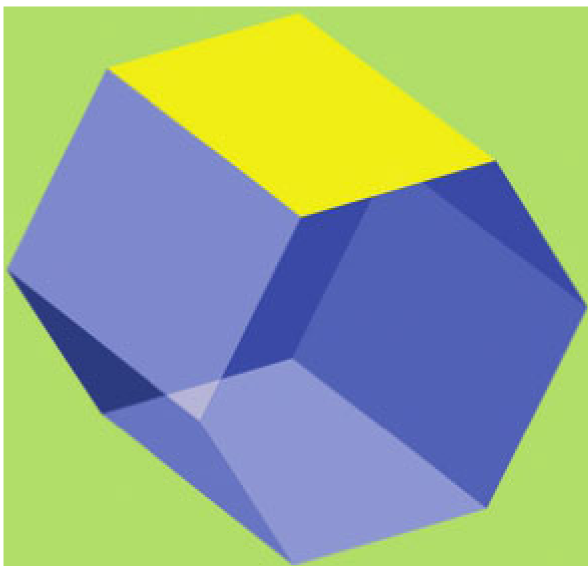
新衬底

衬底是一片薄薄的晶体。生长在它之上的东西，往往能继承它的晶体结构。蓝光播放器和PS3游戏机中所使用的蓝光激光器，就生长在蓝宝石上。蓝宝石作为一种衬底材料，价格相对便宜，也容易得到。但是如果用它来做衬底，就很难得到绿光激光器。鉴于这种情况，科学家们只能用其他晶面来替代。



C面：经典切割面

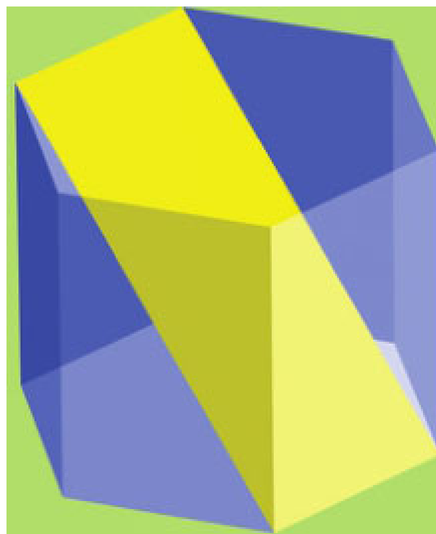
尽管C面在蓝色激光中普遍应用，但还是有些缺点，例如，它引起的电场会把电子和空穴分开。当波长移向更长的绿色波段时，问题将变得更为严重。



M面：昂贵的替代品

有两个研究团队在使用晶体的M面来生长激光二极管。它的切割面是晶体的侧

面。生长在这个面上的二极管不会有电场的麻烦，但衬底材料要比C面贵得多。



半极性：妥协的产物

第三个选项是半极性衬底，它的切割面和晶体主轴成45°角。这些衬底上的电场不太强，与M面衬底相比，它们似乎可以制成更好的激光器和发光二极管。

商业应用

手持投影仪

到2009年，最小的手持投影仪尺寸与一个遥控器大小相当，使用的是发光二极管。2009年年底，首个使用激光二极管的同类产品应该可以上市。即便用倍频技术产生的绿色激光，同样可以显现分辨率高，颜色丰富的图像。未来基于绿色激光二极管的产品显示效果更鲜艳，能效更高，投影仪的尺寸也将缩小，可以装入手机。让我们来看看两款正在不断改进的、基于激光技术的投影仪原型机和一些基于发光二极管的投影仪。

维视图像公司**Show WX**

在这款激光投影仪原型机中，红色、蓝色和绿色激光汇聚在一个针尖大小的镜片上。当光从反射器上反射出去后，镜片就会来回快速扫描，把像素一个个投射到屏幕或者墙上。没有透镜意味着这种投影仪不需要聚焦。

分辨率：848×480像素（和DVD相当）

上市时间：2009年晚些时候



蓝光光学公司

英国蓝光光学公司是一家新成立的公司，同样致力于开发激光投影仪。它们的产品使用硅衬底液晶芯片，芯片上包含上千个液晶窗口。芯片快速开关像素点，使光通过并形成图像。该公司计划在2010年初制造出激光投影仪系统并交付第三方制造商。

分辨率：854×480像素

上市时间：2010年



3M公司MPro110

2008年，基于发光二极管的MPro110上市，它是第一款在美国销售的手持式投影仪。虽然尺寸略大于三星的MBP200，但这款硅基液晶电视投影仪的显示效果与电视相当。3M公司正在授权这项技术的更新版本，旨在将它推广到手机等其他应用领域中。

分辨率：640×480像素（相当于标清电视）

售价：359美元



三星公司**MBP200**微投影仪

这款基于发光二极管的投影仪采用了得克萨斯仪器公司开发的微型数字光投影芯片。白色发光二极管发出的光首先通过一个迅速变化的色轮，投射在一个由数以千计的镜片组成的阵列上。每块镜片的宽度约为人头发丝的1/5，每秒打开和关闭数千次。最终，光线从这些镜片反射出来，形成图像。

分辨率：480×320像素（相当于2009年的智能手机）

上市时间：2009年晚些时候



东芝公司发光二极管微投影仪

该款产品也使用了数字光投影芯片技术。

分辨率：480×320像素

价格：399美元

铟镓氮层还必须在大约700℃的温度下生长，才能够防止铟原子从它与其他原子的结合物中分离出来。然而，与它相邻的氮化镓层生长温度却明显高出许多，达到1,000℃。高温导致的原子分离会形成不均匀的铟合金，我们称之为“岛屿”。这种“岛屿”又会导致不同位置的电子和空穴复合能量不同。这一变化使发射光谱范围太宽，无法产生激光所需

的单色相干光。因此，在铟镓氮层上通过提高反应温度生长易损的氮化镓层时必须特别小心，以免形成过多“岛屿”。然而，随着铟浓度的增高，这种晶体生长过程会变得更为艰难。

在极性二极管中，要减少这些“岛屿”的形成更加困难，超强的内部电场使人们不得不制备超薄的铟镓氮活性层，其厚度不超过4纳米，只有大约20个原子厚。这种做法有助于让电子和空穴紧靠在一起，提高相遇发光的机会。由于非极性和半极性二极管内部的电场几乎可以忽略，铟镓氮活性层就可以做得较厚，可达20纳米。尽管这些更坚固的层中仍有“岛屿”形成，但它们大多出现在与氮化镓层相接的界面附近。限制这些“岛屿”可以增加激光所需的狭窄光谱出现的机会。更厚、更坚固的活性层也有助于用其他方式简化制造工艺，取消二极管多层结构中原先用来限制和引导光子的“包层”。

自从2007年1月取得技术突破以来，美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校和罗姆公司的研究小组一直走在最前沿，稳步推进这项新技术，几乎每个月都会取得新成果。2007年4月，美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校报道，波长为402纳米的非极性蓝紫色发光二极管的量子效率，即发射的光子数和注入的电子数之比，已达到45%以上。这表明，该器件的性能在短短一年内提高了100倍。数月后，该研究小组又报道了发光波长高达519纳米的半极性绿色发光二极管，效率接近20%。不幸的是，这些二极管的发光波长蓝移严重，原因仍然不明。

在本文刊发前不久，美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校制造了半极性黄色发光二极管，工作波长为563纳米，效率高于13%，这是第一个用氮化镓及其合金制造的高效黄色发光二极管。非极性激光二极管的性能也开始朝相对应的极性器件靠拢。2008年5月，罗姆公司制得的非极性激光二极管，发光波长高达481纳米，已经非常接近极性二极管所创造的488纳米的纪录了。

大时代

但是，在实验室中制备一个器件，往往与商业中的大规模生产不一样。也许，对于非极性和半极性氮化镓激光二极管和发光二极管而言，无论是紫色、蓝色、绿色还是黄色，制约它们大规模生产的最大障碍是，能否找到价格合理且足够大的衬底。目前，三菱化学株式会社提供的氮化镓衬底是从小型晶体材料中切割而来的，表面积约为1平方厘

米。如果要量产，这个面积还应提升20倍。

罗伯特·沃克（Robert Walker）是位于美国加利福尼亚州门洛帕克的席拉创投公司的半导体工业专家，他认为要制造经济的激光二极管，衬底直径至少要大于5厘米，成本要控制在每片2,000美元左右。此外他还提到，要制造更简单（同时也更便宜）的发光二极管，衬底的成本还得降低一个数量级才行。极性蓝光、绿光二极管已经发展得非常成熟，比如北卡罗来纳州达勒姆的科锐公司（也是美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校固态发光与显示中心的合作者），他们在2007年下半年在碳化硅衬底上制造出了发光器件。非极性和半极性二极管必须与这些成熟技术展开竞争。

三菱化学株式会社正在扩大生产，提升制造工艺的效率，以实现非极性氮化镓衬底的商业化。研发出非极性氮化镓衬底制造方法的藤户健史（Kenji Fujito）认为，这是一个缓慢而艰难的过程。目前，三菱化学株式会社只能制造出足够美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校和罗姆公司研究使用的非极性或半极性氮化镓衬底。藤户称，他们至少需要一到两年才能制造出直径为5厘米的衬底。沃克则预测，无论是三菱化学株式会社还是其他衬底供应商，例如北卡罗来纳州罗利的Kyma科技公司，都还需要好几年的时间，才能提供价格可以接受的非极性衬底。但美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的登巴斯教授预计，非极性二极管会更快上市，因为这些衬底的产量更高，可以使总成本降低。

研究工作还在继续进行。罗姆公司、美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校，以及其他一些研究小组，已经着眼于研发第一个绿色激光二极管。2008年9月，美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校报道了非极性和半极性氮化镓二极管在蓝绿光波长（480纳米）和绿光波长（514纳米）的激光光学泵浦受激发射。用另一束激光泵浦二极管作为激发源，与真正的激光二极管中采用电流来驱动二极管的方式差距并不大。在2009年晚些时候，无论哪个研究小组宣布实现了电子激发的受激发射，我们都不会感到惊讶。

扩展阅读

The Blue Laser Diode: The Complete Story. Second edition. Shuji Nakamura, Stephen Pearton and Gerhard Fasol. Springer, 2000.

New GaN Faces Offer Brighter Emitters. Robert Metzger in *Compound*

Semiconductor, Vol. 12, No. 7, pages 20–22; August 2006.

Non-polar GaN Reaches Tipping Point. Steven DenBaars, Shuji Nakamura and Jim Speck in *Compound Semiconductor*, Vol. 13, No. 5, pages 21–23; June 2007.

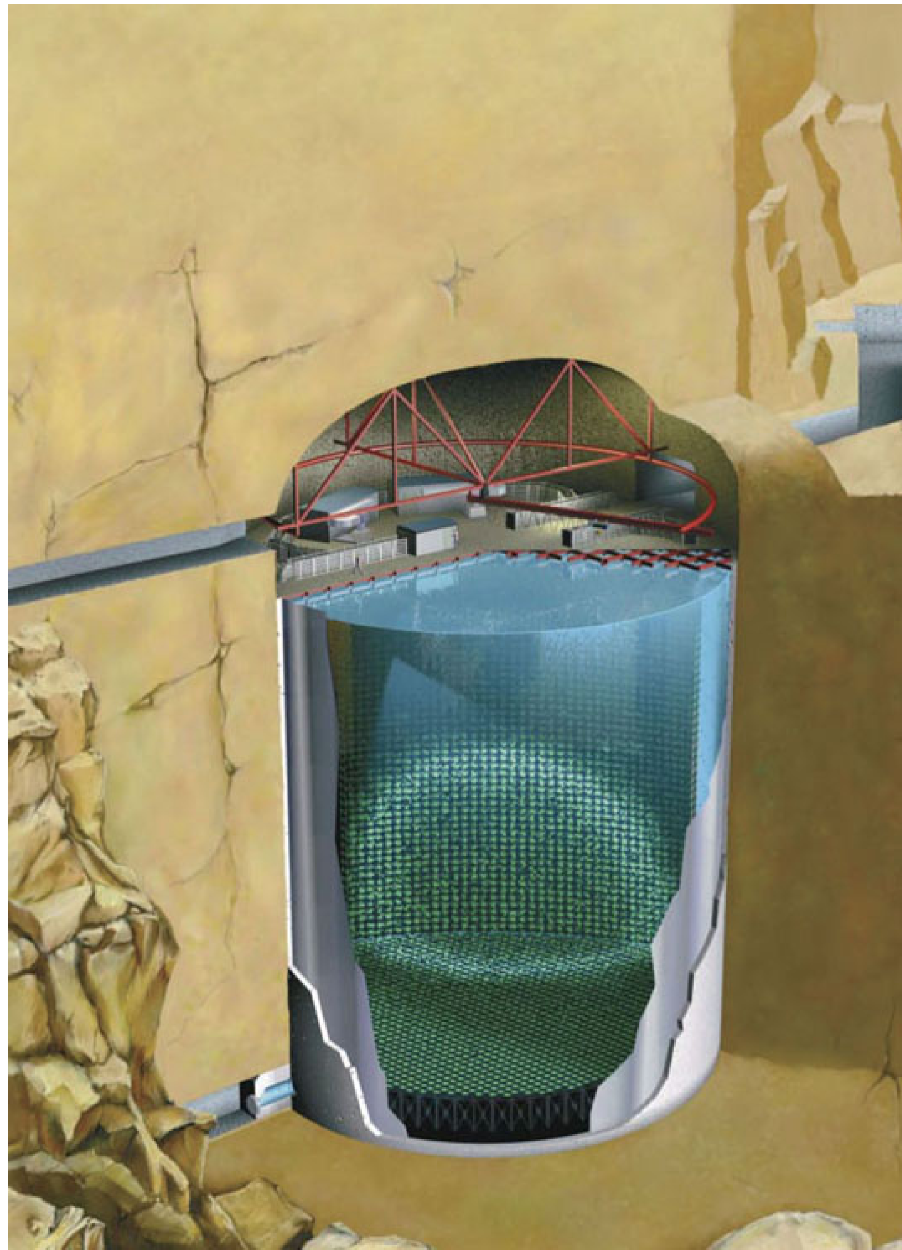
探测中微子

利用日本神冈一座矿山内的超级探测器，科学家证明了中微子会在飞行过程中发生振荡，从而证实了中微子有质量。

撰文／爱德华·卡恩斯（Edward Kearns）
梶田隆章（Takaaki Kajita）
户冢洋二（Yoji Totsuka）
翻译／张程



本文作者之一梶田隆章因通过中微子振荡证实中微子有质量，获得2015年诺贝尔物理学奖。本文刊发于《科学美国人》1999年第8期。



爱德华·卡恩斯、梶田隆章和户冢洋二是超级神冈探测器合作组的成员。卡恩斯是波士顿大学的物理学教授；梶田是东京大学物理学教授，他作为数据分析组组长，领导了超级神冈实验中对质子衰变和大气中微子的探究；户冢是超级神冈实验的发言人，时任东京大学宇宙线研究所所长，该研究所主持了超级神冈项目。

对一个人来说一文不值的东西，却可能被另外一个人视为珍宝。对一个物理学家而言，“背景噪声”毫无用处，它们是多余的反应，通常来源于一些普通的、已经被深刻理解的物理过程。真正有价值的是“信号”，我们可以从这样的反应中获得有关宇宙的新知识。举例来说，在过去20多年里，好几个研究组都在寻找质子放射性衰变的信号。这种信号埋藏在由中微子引发的反应所构成的背景信号中，所以即使它真的存在，也极其罕见，难以探测。作为原子的主要成分之一，质子似乎永远不会变化，而它的衰变将为大统一理论（一种很多人认为超出粒子物理标准模型的理论）提供强有力的支持。为了屏蔽无休止的宇宙射线，超级质子衰变探测器被安置在地球上极深的地下矿井或隧道中，然而由宇宙射线所产生的穿透能力极强的中微子，却是无论如何也躲不开的。

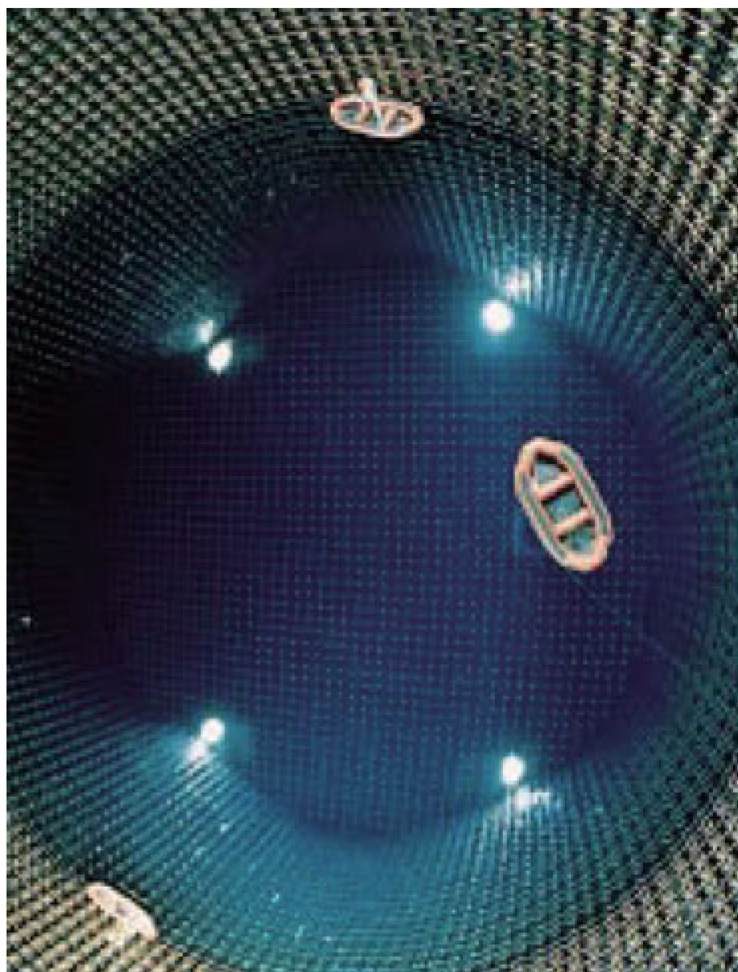
第一代质子衰变探测器于1980～1995年运行，它们没有探测到任何信号，更确切地说，是没有探测到质子衰变信号。然而在此过程中，研究者发现，看似平淡无奇的中微子背景噪声实际上并不那么容易理解。日本的神冈探测器就是这代探测器中的一个，位于距离东京大约250千米（155英里）的采矿小镇神冈，全名为“神冈核子衰变实验”。美国俄亥俄州克利夫兰盐矿中的IMB实验与它的原理类似，都是将灵敏的探测器安放在高纯水中，等待观测到质子衰变信号。

然而，中微子与水中原子核碰撞引起的闪烁与质子衰变信号类似，而有1个质子衰变，就有1,000个中微子与原子核反应。在这么大的背景噪声中寻找质子衰变信号，无异于大海捞针。尽管没有看到质子衰变的迹象，科学家对这1,000个中微子反应的分析却取得了意外收获：他们发现中微子变化无常，一种中微子在飞行过程中可以变成另一种。如果结论没错，这一现象对传统理论的挑战绝不亚于质子衰变，因而格外令人兴奋。

中微子是一种神奇的、幽灵般的粒子，它主要来源于太阳，每平方厘米的皮肤（以及地球上所有其他物质）每秒都有600亿个中微子穿过。它们很少与别的粒子发生相互作用，所以通常情况下，这600亿个

粒子会径直穿过你的身体。事实上，即使你将一束中微子打在厚达1光年的铅板上，绝大部分粒子都会出现在铅板的另一端而完全不发生散射。所以像神冈探测器那样大的探测器每年能捕捉到的中微子，实则只是穿过它的所有中微子中的极小一部分。

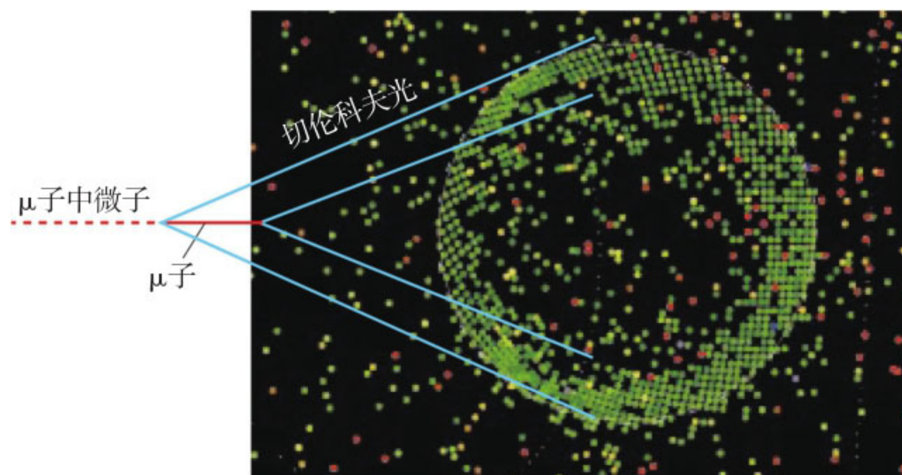
中微子有三种类型，或者说三种“味”：电子中微子、μ子中微子和τ子中微子，分别对应于标准模型中的电子、μ子和τ子。它们都是带电粒子，μ子和τ子比电子重。通过和原子核相互作用，电子中微子可以产生电子，μ子中微子可以产生μ子，τ子中微子可以产生τ子。在科学家第一次提出中微子这个概念之后的70年里，物理学家们一直假定它没有质量。但是，如果它们可以在不同的味之间相互转换，根据量子理论，它们很有可能是有质量的。这样一来，这些极轻的粒子的总质量，将会比宇宙中所有恒星的质量加起来都大。

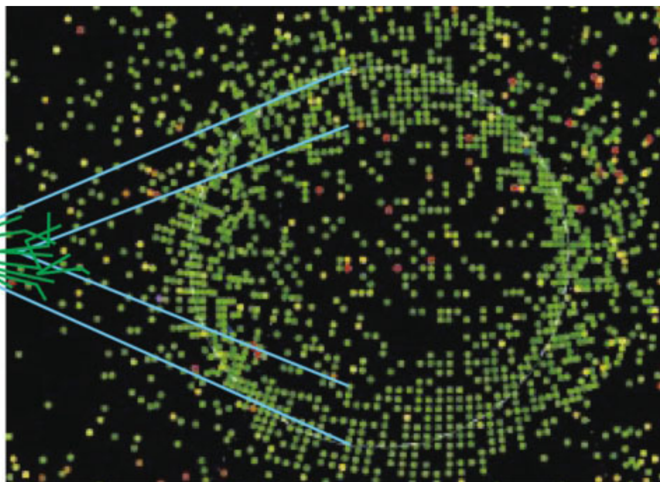


超级神冈探测器位于日本神冈山中一处正在开采的锌矿内。它的不锈钢水槽内盛着50,000吨超纯水。这些水十分纯净，光线深入其中近70米时才损失一半的强度（对于一般的游泳池来说，光线到达数米深时就会损失一半的强度）。这些水被11,000个光电倍增管监测着，这些仪器分布于水槽的侧壁、底部和顶部。每个光电倍增管都是一个人工吹制的真空玻璃泡，其直径为0.5米，玻璃泡内部镀着薄薄的一层碱金属。在非常偶然的情况下，一个高能量的中微子会与水中的一个原子核发生碰撞，此时光电倍增管就会记录下反映这种现象的圆锥形切伦科夫光。图示为在水槽注水时，技术人员在漂浮的筏子上清理光电管。

更大的中微子探测器

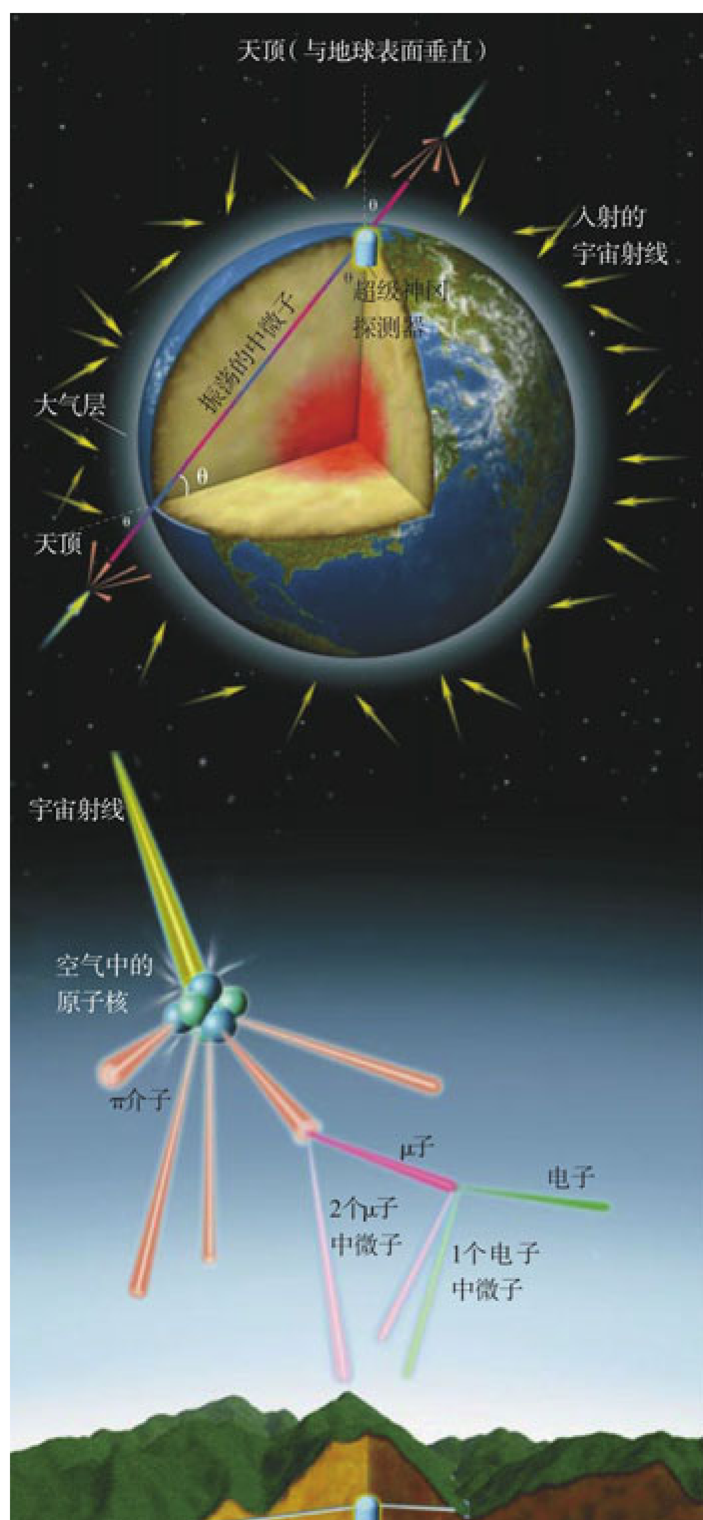
在粒子物理领域，取得突破的方法通常是建造更大的设备。因此，日本在神冈探测器的基础上建造了超级神冈探测器，规模相当于前者的10倍。它装有50,000吨水，一系列光敏探测器朝向水池的中心，以捕捉由质子衰变或质子受中微子撞击产生的信号。这两种反应产生的粒子都会发出蓝色的切伦科夫光，从而可被观测到。切伦科夫光最早由苏联物理学家帕维尔·切伦科夫（Pavel Cherenkov）于1934年发现，它好比光学中的“声爆”现象：正如超声速飞行的飞机会产生冲击波，当带电粒子（如电子或μ子）在介质中的运动速度超过介质中的光速时就会发出切伦科夫光。介质中的光速小于真空光速*c*，所以这一运动并不违背爱因斯坦的相对论。水中光速比真空光速小约25%，然而一些高能粒子在水中的运动速度十分接近真空光速，它们便会沿飞行轨迹发出锥状的切伦科夫光。





切伦科夫光锥是高能中微子撞击原子核并产生带电粒子时发出的。在这个过程中，μ子中微子产生μ子，μ子移动约1米并在探测器上投下一个清晰的光环（如上图所示）；电子中微子则产生电子，这个电子会生成一小簇负电子与正电子，每个都有单独的切伦科夫光锥（如下图所示）。这样，探测器上就会留下模糊的光环。图中的绿点表示在同一个探测时长内探测到的光。

在超级神冈探测器里，带电粒子通常只能飞行几米，切伦科夫光锥投影在光子探测器的壁上，形成一个光环（见右图）。环的大小、形状和强度暗示了带电粒子的性质，由此我们便可以推测出它是由哪种中微子产生的。由电子产生的切伦科夫图案与由μ子产生的很好区分：由于电子会产生一簇粒子，它的切伦科夫光环边缘模糊，与μ子干净利落的圆环形成鲜明对比。根据切伦科夫光，我们还可以获得电子或μ子能量与方向的信息，通过这些可以恰当地估计中微子的相关信息。


天顶（与地球表面垂直）
入射的
宇宙射线
超级神冈
探测器
振荡的中微子
大气层
天顶
宇宙射线
空气中的
原子核
π介子
μ子
电子
2个μ子
中微子
1个电子
中微子

高能宇宙射线轰击一个大气中的原子核时，会产生一簇粒子，其中大多数是π介子（如图中下半部分所示）。这些π介子在衰变过程中，每产生1个电子中微子就会相应地产生2个μ子中微子。我们理应在相反的方向探测到相同的中微子事例率（如图中上半部分所示），因为这两个方向的中微子都来自天顶角为θ时入射大气的宇宙射线。如果μ子中微子的运动距离较长，在运动的这段时间里它的味就会发生变化，这种事例率之间的比例关系也会遭到破坏。

然而，第三种中微子——τ子中微子可就不那么容易被超级神冈探测器探测到了。τ子中微子只有在能量够高时才能与原子核发生反应，产生τ子。μ子的质量大约是电子的200倍，τ子的质量大约是电子的3,500倍。绝大多数大气中微子的能量都能达到μ子的质量（根据爱因斯坦质能方程，粒子的能量与质量成正比），但只有极少一部分能达到τ子的能量，所以绝大多数τ子中微子会直接穿过探测器而不会被探测到。

不过，实验物理学家们关心的最基本的问题是数量。在建造了一个精美绝伦的中微子探测器后，首要任务自然是数一数我们究竟探测到了多少中微子。与此相关的另一个问题是，“我们的预期是多少？”想要得到答案，我们必须先分析一下中微子的产生机制。

超级神冈探测器监测的是大气中微子，这种中微子是由宇宙射线轰击大气层顶端产生的。绝大多数入射物质（我们称其为初级宇宙射线）是质子，其中还夹杂着一些较重的原子核，如氦核、铁核。这些粒子与大气中的分子碰撞，产生若干二级粒子，其中绝大多数是π介子和μ子，它们将在空气中短暂飞行，并迅速衰变成中微子（见第104页图）。只要大致了解了每秒钟轰击大气的宇宙射线粒子的数量，以及每次碰撞可以产生多少π介子和μ子，我们就可以预言有多少中微子将会出现。

数据分析中的比值技巧

不幸的是，这种预估的误差高，只能精确到25%，所以我们需要借助一种常用的技巧：通常情况下，两个量的比值比单个量更容易确定。在超级神冈探测器中，π介子衰变链尤为重要。π介子衰变产生1个μ子和1个μ子中微子，μ子继而衰变成1个电子、1个电子中微子和1个μ子中微子。不管有多少宇宙射线粒子轰击大气层，也不管有多少π介子由此产生，μ子中微子和电子中微子的比例都应为2：1。真正的计算当然要比上述过程复杂得多，其中还要涉及对宇宙射线粒子束的计算机模拟，但

是最终得出的比值误差仅为5%。与单独计算各种粒子的数目相比，这样的结果自然可以为我们的实验提供更好的参考。

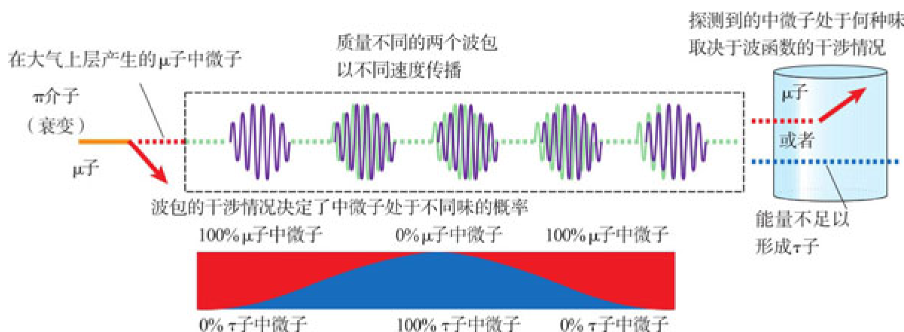
对中微子的计数持续了两年后，超级神冈探测器研究团队惊奇地发现，他们实际探测到的μ子中微子和电子中微子的比值是1.3：1，而非此前预测的2：1。即使我们考虑到中微子的不稳定性、中微子与原子核的作用方式，以及探测器的响应，最大限度地拓宽假设，也无法解释为什么μ子中微子的比例如此之低——除非中微子可以从一种类型变成另一种类型。

为了验证这个令人震惊的结论，我们可以再次使用比值法。这次在计算比值时，我们要研究来自各个可能方向的中微子的数量。到达地球的初级宇宙射线粒子在各个方向上的分布几乎是均匀的，但仍有两个因素会破坏这种均匀性。首先，地球磁场会改变一些宇宙射线粒子的轨迹，能量越小的粒子越容易受影响，这就会改变这些粒子到达地球的方向分布。其次，沿切线方向掠过地球的宇宙射线所产生的次级粒子并不能深入大气层，因此这部分粒子所引起的结果和径直入射的粒子也有所不同。

不过，几何学方法可以为我们提供帮助：当我们沿偏离垂直线一定角度的方向观察天空，然后再以相同的角度向下观察大地时，“向上”和“向下”观测所“看”到的中微子数量应该是一样多的。这些中微子都是宇宙射线以相同角度撞击大气层时产生的，它们之间唯一的区别是，一些碰撞过程发生在我们头顶，而另外一些发生在地球的另一侧（见第104页图）。于是，我们筛选出能量足够高的中微子（产生这些中微子的宇宙射线受地球磁场影响而发生的偏转很小），并结合上述考虑，用从下向上运动的中微子数量除以从上向下的。如果中微子不发生振荡，也就是它的味不在飞行中变化，那么最终得到的比值应该严格等于1。

我们看到，向上和向下运动的高能电子中微子的数目完全相等，这与我们预期的一致，但是向上运动的μ子中微子仅为向下运动的一半，这一现象再次向我们暗示，中微子在运动中会发生变化。此外，实验结果还揭示了这种变化中的一些性质：由于向上运动的电子中微子没有明显增多，所以向上运动的μ子中微子不可能变成电子中微子，只可能变成τ子中微子。它们不会在探测器内部与物质发生相互作用，所以可以穿透探测器，而不会被探测到。

量子波动如何让中微子发生振荡？



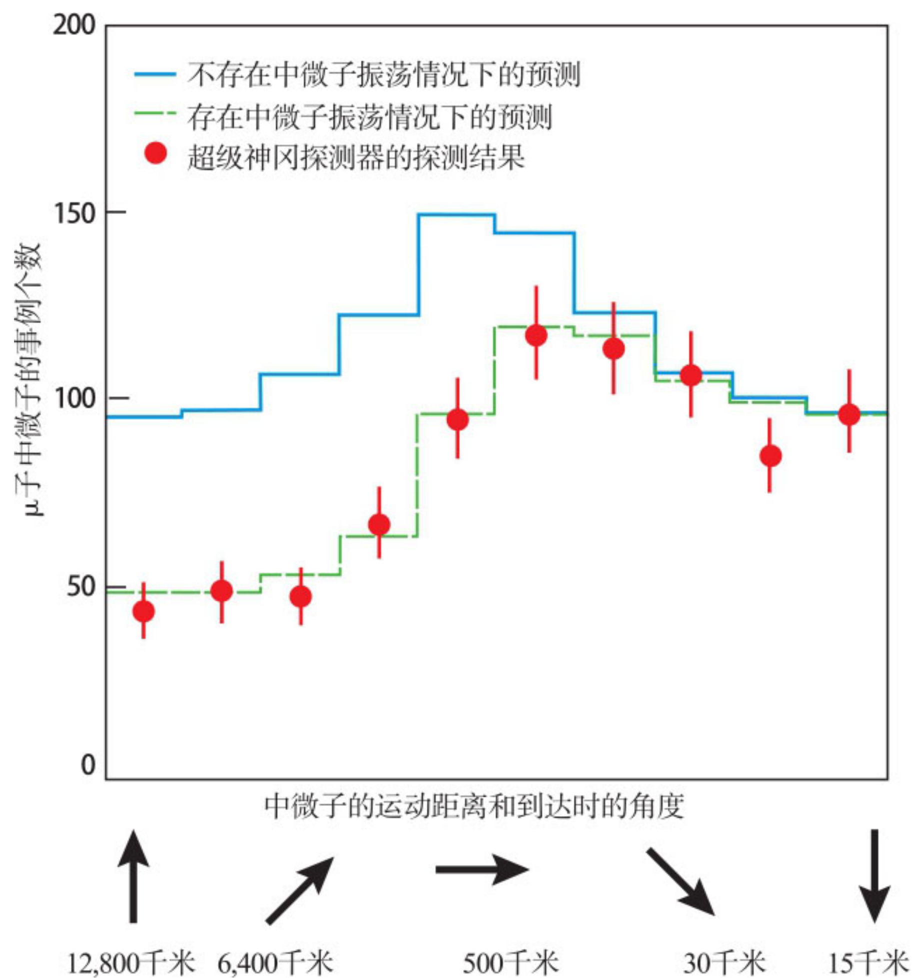
π介子衰变时（图中上半部分左边）会产生中微子。从量子力学的观点来看，中微子显然是由两个质量不同的波包叠加而成的（紫色和绿色，图中上半部分中间）。这两个波包以不同速度传播，质量小的波包在前，质量大的在后。在这个过程中，两个波包会相互干涉，在中微子飞行轨迹的任一位置上，干涉的图案决定了我们探测到的中微子处于何种味——μ子中微子（红色）或τ子中微子（蓝色）。和所有量子效应一样，探测的结果是一个概率事件，在探测位置离中微子产生的位置很近的时候，探测到μ子中微子的概率最高；但是这个概率是振荡分布的，随着距离的增加，探测到τ子中微子的概率变得比μ子的更高，然后又是μ子比τ子概率更高，如此持续“振荡”下去。当中微子最终和探测器反应的时候（图中上半部分右边），上帝掷出了“量子骰子”：如果结果是“μ子中微子”，那么就会探测到μ子中微子；如果结果是“τ子中微子”，而中微子的能量又不足以产生一个τ子中微子的时候，那么超级神冈探测器就什么也探测不到。

阴晴不定的味

上文所述的两个比值为μ子中微子变成τ子中微子提供了有力证据。但是，为什么会发生这样的变化呢？在量子物理学中，粒子在空间中的运动一般用波来描述：除质量、电荷等性质之外，粒子还具有波长，可以像波一样产生衍射等现象。此外，一个粒子的波还可以由两个不同的波叠加构成。现在，假设这两个波对应不同的质量，它们之间的差异不大。在波的传播过程中，较轻的波会跑到较重波的前面去，两个波的干涉图样就会沿着粒子的运动轨迹变化（见第106页图）。这种干涉和音乐中的“拍”十分相似，当两种十分接近又不尽相同的节奏同时存在时，就会产生这种现象。

在音乐中，这种效应会导致音量发生振荡，而在量子物理学中，发生振荡的量是探测到某种中微子的概率。一开始，中微子是μ子中微

子，也就是说，探测到它是μ子中微子的概率为100%。在运动了一段距离之后，它变成τ子中微子，这时我们探测到τ子中微子的概率为100%。在其他地方，这个粒子可能是μ子中微子，也可能是τ子中微子，到底探测出哪种结果，就要看运气了。



超级神冈探测器测量的高能μ子中微子在不同入射角度上的分布，其结果与中微子振荡的预测（绿色）符合得很好，而与没有加入振荡机制的预测（蓝色）并不相符。向上运动的中微子（图中最左边）运动距离相当长，这导致它们中有一半的味都发生了变化，从而没有被探测到。



这种粒子的振荡看似奇异，实际上，在我们熟知的另一种粒子——光子身上也可以观察到类似的现象。光有不同的偏振方式，有竖直的、水平的，有左旋圆偏振，还有右旋圆偏振。它们的质量都一样（所有的光子质量都为0），但是在一些光活性材料中，左旋光的传播速度大于右旋光。一个竖直偏振的光子可以视为由这两种圆偏振叠加而成，当竖直偏振光在光活性材料中传播时，随着两种成分的相位差发生变化，光的偏振方向也会不断旋转（即振荡）。

与光子的振荡有所不同，我们在超级神冈探测器中观察到的中微子振荡并不需要类似光活性材料这样的传播介质。不论中微子是在空气、岩石，还是在真空中运动，只要两种中微子有足够大的质量差，味的振荡就可以发生。一个中微子到达超级神冈探测器时发生振荡的程度取决于它的能量以及它在产生后运动的距离。向下运动的μ子中微子在抵达探测器前只飞行了数十千米（大气中微子产生于地球大气层），它发生的振荡只相当于一个振荡周期极小的一部分，所以这部分中微子的味不会有太大改变，我们探测到的基本还是μ子中微子（见第104页图）。自下而上的μ子中微子产生于数千千米外，它们在飞行过程中发生了若干次振荡，平均而言，在最后的测量中，这些μ子中微子中只有一半还是μ子中微子，剩下的一半则变成了τ子中微子，它们直接穿过了超级神冈探测器而没有被探测到。

上述解释只是一个大致图像，不过中微子振荡理论很有说服力地解释了μ子中微子与τ子中微子的比例，以及上行／下行中微子的事例率这些实验事实，使其现在被大家广泛接受。我们还做了大量研究以弄清μ子中微子数量与其能量、入射角度之间的关系，假设了一系列可能的振荡模式（其中也包括不振荡的情况），并将这些模式所预言的结果和实际测量的数据加以比较。真实数据和非振荡假设下的结果差异很大，却与具有特定质量差以及其他物理参数下的振荡模式比较一致（见第107页图）。

在实验开始后最初的两年里，我们采集到约5,000个事例（在粒子物理实验中，被探测器探测到的一次粒子反应称为一个事例）。通过这些数据，我们排除了统计涨落的可能，确定大气中微子数目异常来源于中微子振荡。尽管如此，来自其他实验或技术的印证仍然十分必要。美国明尼苏达州和意大利的一些探测器也为μ子中微子的振荡提供了证据，但是它们探测到的事例较少，在统计学意义上其确定性还是略逊一

筹。

更多的佐证

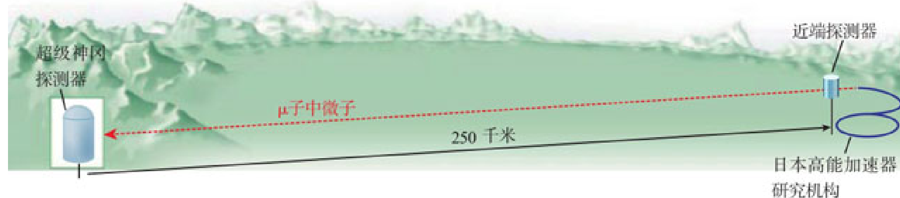
更多的证据来源于对大气中微子反应的大量其他研究：大气中微子与探测器周围岩层中的原子核的碰撞。电子中微子仍旧会产生大量次级粒子，但这些粒子在到达超级神冈探测器所在的洞穴之前就会被岩石吸收殆尽。能量较高的μ子中微子会产生高能μ子，它们可以在岩石中穿行数米，最终进入探测器。我们只记录自下而上入射，穿过地球的μ子中微子所产生的μ子数量，因为自上而下的μ子中微子所产生的μ子混杂在大量穿透岩层的宇宙射线μ子中，因而难于探测。

我们对以各个角度向上入射的μ子都进行了计数，从竖直向上到几乎水平，每一个角度都对应着不同的中微子飞行距离（即从大气层中的中微子产生点到超级神冈探测器附近的μ子产生点的距离），最短的只有500千米（水平入射时的大气层厚度），而最长的可以达到13,000千米（竖直入射情况下，对应地球直径）。我们发现，μ子中微子的能量越低，飞行距离越长，其数目减少得就越厉害，而高能μ子中微子飞行的距离较短，这正是我们的振荡假设所预期的结果。通过细致的分析，我们得到了和先前研究相似的中微子参数。

如果只考虑已知的这三种中微子，根据我们的数据，μ子中微子会变成τ子中微子。量子理论告诉我们，这种振荡的深层原因是这些中微子具有质量——尽管在过去的70多年里，我们一直认为它们没有质量。

不幸的是，量子理论也决定了我们通过该实验只能测量这两种中微子之间的质量平方差，因为振荡波长由这个量决定，而和某一个中微子的质量没有关系。超级神冈探测器的数据所给出的质量平方差在0.001～0.01eV^{2}之间。参考其他已知粒子质量的规律，不同种类的中微子质量差异可能非常大，这也就意味着较重的中微子质量可达0.03～0.1eV。这又说明了什么呢？

首先，中微子具有质量并不会破坏标准模型。每一种中微子都是由不同质量的几种本征态混合而成的，这就需要引进一系列所谓的中微子混合参数。早先科学家已经在夸克中观察到少量这种混合，但是我们的数据表明，中微子的混合程度更高——任何新的理论想要成功，都必须兼容这一新的发现。



长距离的中微子振荡实验计划在日本和美国实施，科学家可在数百千米外探测加速器产生的中微子束。这些实验将严格验证中微子振荡效应，并且精确测量对这个现象起决定作用的物理常数。

其次，与其他粒子的质量相比，0.05eV非常接近0（要知道，中微子之外最轻的粒子——电子，质量都达到511,000eV），所以长久以来科学家认为中微子没有质量也是合情合理的。一些理论物理学家也关注到了中微子微小的质量，他们试图创造一种“大统一理论”，在高能量区域将除引力以外的所有相互作用以一种优美的方式统一起来。他们常常使用一种被称为“跷跷板机制”的数学工具。在这种机制中，质量很小但不为零的粒子的存在是很自然的。这种机制中存在一些质量非常大，达到大统一质量尺度的粒子，它们提供了一种“杠杆力”，可以将较轻的中微子与质量是其十亿甚至万亿倍的夸克和轻子区分开来。

其他的困惑与可能性

粒子物理学家们也在寻找其他表明中微子具有质量的迹象。1969～1999年，科学家一直在尝试捕捉来自太阳内部核聚变反应产生的电子中微子，但探测结果却总是比最佳太阳模型的预测值要小。

超级神冈探测器也进行了太阳中微子计数实验，结果约为理论值的50%。与此同时，我们也在研究这些探测数据，希望能找到明显的中微子振荡迹象。1999年5月，位于加拿大安大略省的萨德伯里中微子观测站观测到了第一个中微子。这个观测站用了1,000吨重水，它能极大增强对太阳中微子的观测效果。其他的中微子探测器也在不久后陆续投入使用。

在美国洛斯阿拉莫斯国家实验室进行的另一项实验发现了更明显的中微子振荡迹象：科学家从一个本应只产生μ子中微子的地方发现了电子中微子。但是这个信号和背景过程混合在一起，并没有被独立验证。接下来的几年，科学家将做一些实验去验证它。

由质量引起的μ子中微子和τ子中微子振荡机制看似很合理地解释了超级神冈探测器的数据，但这并不是唯一可能的解释。首先，在一般情况下，中微子波函数是由全部三种味混合而成的。超级神冈探测器的数据虽然可以涵盖一部分电子中微子、μ子中微子振荡的情况，但法国绍兹核电站的一个实验表明，超级神冈探测器中发生的电子–μ子中微子振荡是非常有限的。

另外一种解释是，μ子中微子转化成了一个目前不为人所知的味。不过欧洲核子研究中心对Z^0粒子的研究表明，中微子只有三种活跃的味（“活跃”是指这种味参与了核子间的弱相互作用）。所以如果有新的味，也只能是“惰性”的，即这种中微子只通过重力与其他粒子相互作用。一部分物理学家倾向于这个观点，因为目前来自三种不同效应（太阳中微子、大气中微子和洛斯阿拉莫斯的数据）的观测结果没法用一套中微子质量（包括电子中微子、μ子中微子、τ子中微子的质量）来解释。

科学家也提出了其他的中微子振荡机制，包含了比中微子质量更加深奥的效应。

这一结果的另一个意义在于，从现在开始，中微子质量应当计入宇宙总质量了。天文学家已经花了一段时间列出了宇宙中的发光物体（如恒星）以及其他不易发现的普通物质（如棕矮星和弥散气体）的质量。将这些质量加起来，可以得到宇宙的总质量。另外，宇宙物质的总质量可以通过星系的轨道运动和宇宙膨胀速率被间接测量出来。但我们发现，直接测量的结果比间接测量低了20%。我们的研究虽然表明中微子有质量，但质量太小，不足以解开这个谜团。尽管如此，在大爆炸中产生的、弥散在空间中的中微子，它们的总质量也几乎等于所有恒星质量之和。这些中微子或许影响了大尺度天文结构，例如星系团的形成。

最后，我们的数据还直接推动了两个新实验。基于一些小型探测器得到的结果，许多物理学家已经决定不再依赖宇宙射线这一不稳定的中微子源，转而利用高能加速器产生中微子。不过，中微子还要有足够长的飞行距离，这样振荡效应才能被观测到，所以中微子束的目标探测器需要建在几百千米以外。美国明尼苏达州的苏丹矿山中就有一个这样的探测器，这台探测器将用于研究费米实验室加速器所产生的中微子。费米实验室位于伊利诺伊州芝加哥郊外的巴达维亚，距离苏丹730千米。

毫无疑问，一个性能优良的大气中微子探测器必定也擅长探测加速器产生的中微子。所以在日本，我们用超级神冈探测器来监测250千米外的日本高能加速器研究机构加速器实验室产生的中微子。与大气中微子不同，来自日本高能加速器研究机构的中微子束流可以随心所欲地打开或关闭，并有确定的能量和方向。最重要的是，我们在中微子源附近放置了一个与超级神冈探测器相似的探测器，以便在振荡开始前先测量这些μ子中微子的状态，计算近端探测器和远端探测器计数的比值，这样就可以证实振荡效应并减小误差。在这篇文章被刊发出来的时候（1999年8月），第一束人造中微子束流正在日本的崇山峻岭下呼啸穿梭，50,000吨的超级神冈探测器将捕获其中一小部分中微子。捕捉到的中微子具体有多少，就要看下一段故事了。

扩展阅读

The Search for Proton Decay. J. M. LoSecco, Frederick Reines and Daniel Sinclair in *Scientific American*, Vol. 252, No. 6, pages 54–62; June 1985.

The Elusive Neutrino: A Subatomic Detective Story. Nickolas Solomey. Scientific American Library, W. H. Freeman and Company, 1997.

The Official Super-Kamiokande Web site is available at **www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp**

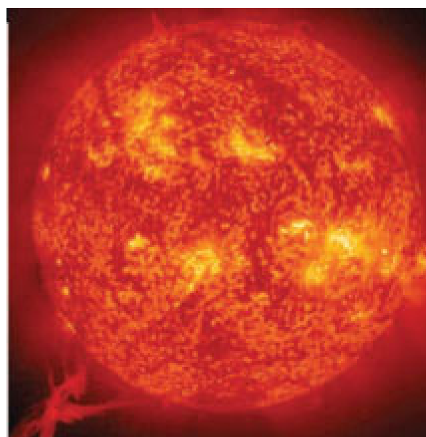
The K2K Long Baseline Neutrino Oscillation Experiment Web site is available at **neutrino.kek.jp**

The Super-Kamiokande at Boston University Web site is available at **hep.bu.edu/~superk/index.html**

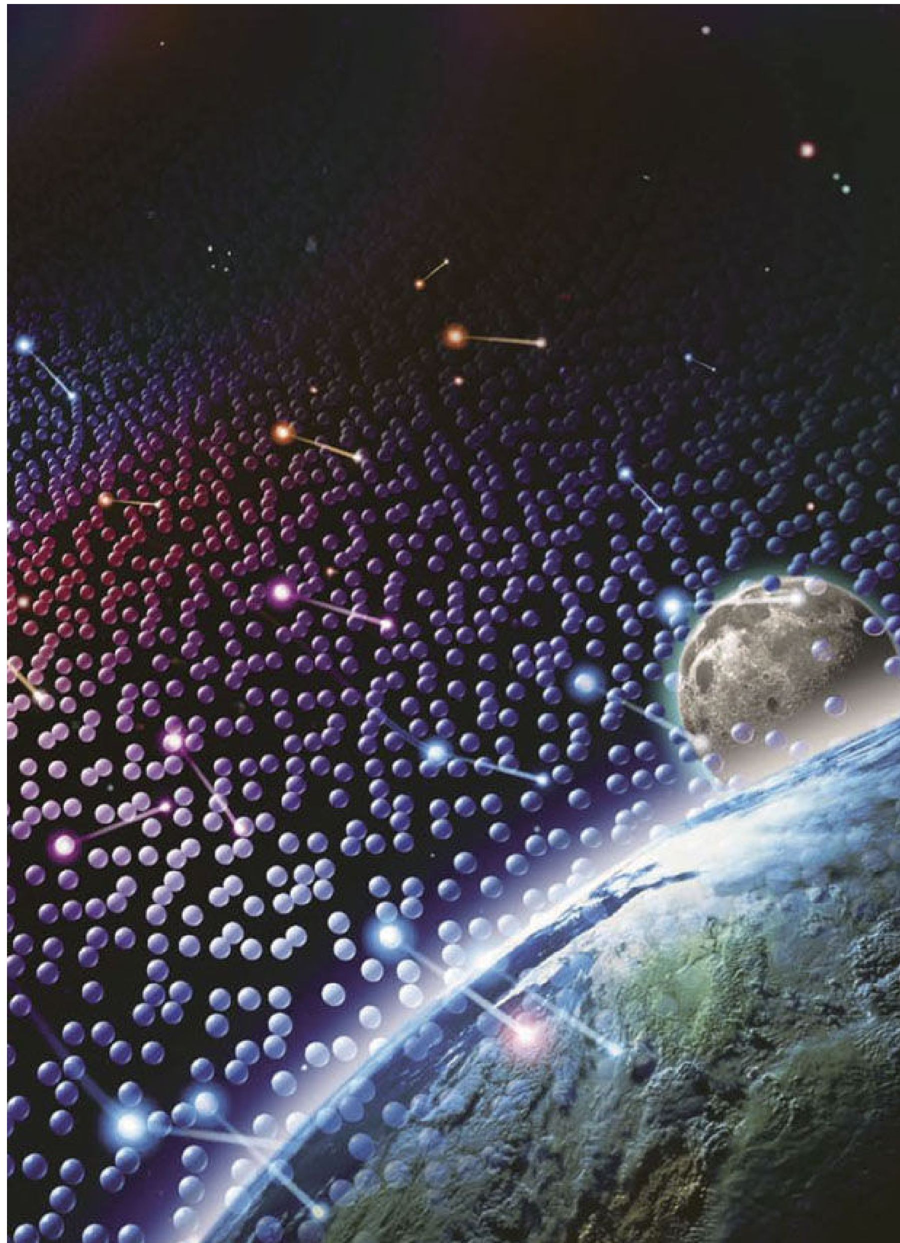
探索太阳中微子问题

通过研究太阳中微子在抵达地球之前的转变，萨德伯里中微子观测站已经解决了困扰了科学家30多年的难题。

撰文／阿瑟·麦克唐纳（Arthur B. McDonald）
乔舒亚·克莱因（Joshua R. Klein）
戴维·沃克（David L. Wark）
翻译／李哲



本文作者之一阿瑟·麦克唐纳因通过中微子振荡证实中微子有质量，获得2015年诺贝尔物理学奖。本文刊发于《科学美国人》2003年第4期。



阿瑟·麦克唐纳、乔舒亚·克莱因和戴维·沃克是萨德伯里中微子观测站（SNO）合作计划中130多人实验团队的成员。麦克唐纳是加拿大新斯科舍省悉尼本地人，从1989年SNO成立以来就担任SNO研究所主任。他还是加拿大金斯顿女王大学的物理学教授。克莱因于1994年获得了普林斯顿大学的博士学位，然后在宾夕法尼亚大学开始了SNO的相关研究。克莱因目前是得克萨斯大学奥斯汀校区的物理学助理教授。沃克过去13年都在英国工作，任职于牛津大学、萨塞克斯大学和卢瑟福–阿普尔顿实验室，他一直尝试向板球迷们解释内场球的飞行规律。除了SNO以外，他还参与了其他很多中微子实验。

很难想象，在地下2,000米处建造的一个有10层楼那么大的探测器居然是用来研究太阳现象的。然而，正是这个探测器解决了困扰科学家数十年之久的难题，并向人们揭示了太阳内部的物理过程。早在1920年，英国物理学家阿瑟·爱丁顿（Arthur Eddington）就提出，太阳的能量来自于内部的核聚变。可是当20世纪60年代科学家尝试用实验验证该想法的细节时，却遇上了大麻烦：太阳核聚变反应会产生独特的副产物——被称为幽灵粒子的中微子。在观测这些粒子的数量时，科学家发现观测到的数量远不及理论预测的多。直到2002年，位于加拿大安大略省地下的萨德伯里中微子观测站的观测结果才帮助物理学家解决了这个难题，彻底证实了爱丁顿的猜想。

和所有在地下进行的太阳研究一样，SNO的主要目标也是监测从太阳内核产生的大量中微子。但和之前30多年的其他实验不同的是，SNO用重水作为监测中微子的材料。重水分子相当于普通水分子中的氢原子多了一个中子（这种原子被称为氘原子）。正是这些额外的中子让SNO得以同时监测所有“味”（中微子的类型）的中微子。利用这种新的观测方式，SNO证明，之所以之前观测到的中微子数量与理论不符，并不是因为实验手段不够精确，也不是因为爱丁顿对太阳能量来源的猜想错了，而是因为中微子具有一个当时还不为人所知的新特性。

谁能想到，科学家本想通过实验验证关于太阳现象的最佳理论，却第一次发现了描述物质最基本粒子的最佳理论——标准模型的缺陷。现在，我们对太阳内部的理解，要比对微观世界的理解更准确。

太阳中微子问题

第一个关于太阳中微子的实验是由后来任职于宾夕法尼亚大学的小雷蒙德·戴维斯在20世纪60年代中期做的。这个实验的目的是证明太阳的

能量来自于核聚变这一假说。该实验开创了利用中微子来研究太阳的先河，使之成为一个新的研究领域。戴维斯的实验是在南达科他州利德附近的霍姆斯特克金矿进行的，他利用放射化学技术监测中微子。探测器内装有615吨液态四氯乙烯（干洗液的主要成分），中微子会将液体中的氯原子转化为氩原子，进而被探测到。尽管理论预测每天都可以观测到一个新的氩原子，但戴维斯在实验中平均每隔2.5天才能观测到一个。［2002年，戴维斯和东京大学的小柴昌俊（Masatoshi Koshiba）因在中微子物理学方面的先驱性工作共享了诺贝尔物理学奖。］在这之后的30多年中，科学家用很多不同的技术得到了相似的结果：所观测到的太阳中微子数量总是明显小于理论预测值，低的时候是预测值的1/3，高的时候也不过是预测值的3/5，具体数值和所研究的中微子能量有关。鉴于物理学家无法理解为何实验和理论差距这么大，利用中微子来研究太阳内部物理过程的计划只能先暂时搁置。

概述：振荡的中微子

从20世纪60年代开始，在地下进行的多个实验均已发现实际观测到的太阳电子中微子数量要比理论预测的少，这个未解之谜被称为太阳中微子问题。

2002年，SNO发现，在太阳内部产生的很多电子中微子在运动至地球的过程中转变为其他味的中微子，而这些中微子在以前的实验中没有被检测出来。

SNO的实验结果验证了爱丁顿提出的太阳能量来自核聚变的假说，并证明长期被认为没有质量的中微子实际上是有质量的。尽管粒子物理学的标准模型在其他很多方面都非常成功，但中微子有质量这一事实首次指出了它的缺陷，迫使科学家必须做出修改以解释这一新发现。

在实验物理学家继续做中微子实验的同时，普林斯顿高等研究院已故科学家约翰·巴考尔（John Bahcall）与其他几位理论物理学家改进了用来预测太阳中微子产生速率的理论模型。这些理论模型虽然很复杂，但只依赖于很少的几个假设：太阳的能量来自于核聚变，而这会改变元素丰度；聚变能量产生了向外的压力，平衡了向内的引力；能量通过辐射光子和对流传输。尽管这些太阳模型预测的中微子量仍然大于实验测量值，但这些模型所做出的其他预测，如对太阳表面日震学振荡的频谱描述，则和实验观测结果高度一致。

理论预测的中微子数量和实验结果的神秘差异被称为太阳中微子问

题。尽管很多物理学家坚持认为，理论与实验不符的原因在于中微子极难观测，以及对太阳中微子产生率的计算可能有误，但随着时间推移，一个革命性的新解释慢慢获得了科学家的认同。粒子物理标准模型认为，中微子没有质量，并分为三种：电子中微子、μ子中微子和τ子中微子，也就是三种味。太阳中心的核聚变反应只产生电子中微子，戴维斯等人的实验也只专门监测这一种味的中微子。在太阳中微子的能量范围内，只有电子中微子可以把氯原子转化为氩原子。但假如标准模型不是绝对正确的，即三种味的中微子之间并非泾渭分明，而是可以通过某种方式互相转变，那么太阳产生的电子中微子就有可能变成其他味，从而不会被实验监测到。

最广为接受的一个理论是中微子振荡机制，它描述了中微子在不同味之间发生转换的过程（见第118、119页图）。这个理论认为不同味的中微子（电子中微子、μ子中微子和τ子中微子）均由三种中微子态混合而成（记为1、2、3），而这三种态有着不同的质量。电子中微子可能是态1和态2的叠加，而μ子中微子可能是这两种态的另一种叠加形式。理论预测，在从太阳到地球的过程中，中微子的叠加形式会发生变化，从而在不同味之间发生振荡。

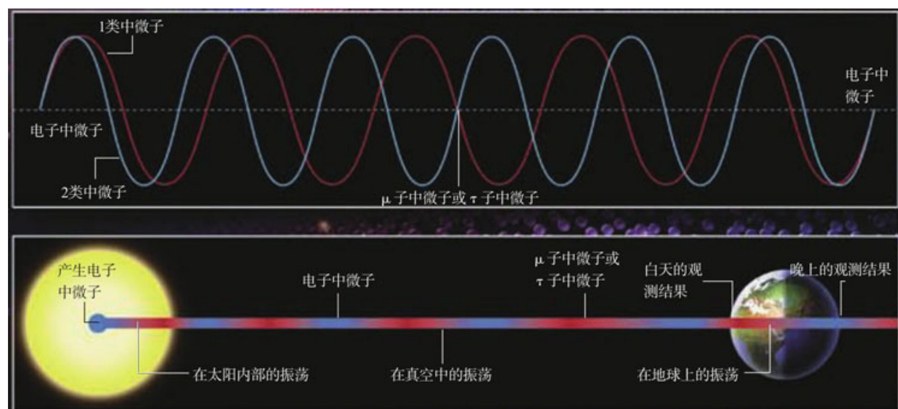
关于中微子振荡的有力证据来自于1998年超级神冈探测器合作组的数据，科学家发现在大气层上方由宇宙射线产生的μ子中微子会离奇消失，且消失概率与其运动距离有关。中微子振荡理论认为，μ子中微子有可能转化成了τ子中微子，很好地解释了μ子中微子的消失。在宇宙射线能量范围内的μ子中微子很容易被超级神冈探测器观测到，但τ子中微子却不行。（参见上一篇，爱德华·卡恩斯、梶田隆章和户冢洋二撰写的《探测中微子》，刊发于《科学美国人》1999年第8期）。

类似的机制也可以解释太阳中微子问题。一种模型认为，中微子振荡发生在中微子从太阳到地球的途中，即在真空的宇宙中穿行的这8分钟路程中。另一种模型则认为，在整段路程的前2秒，即中微子穿过太阳内部时，由于不同味的中微子和物质发生作用的方式不同，中微子振荡会加强。这两种模型各自基于不同的中微子参数范围，例如不同味中微子的质量差和叠加方式。虽然超级神冈探测器和其他实验已经提供了证据，但太阳中微子问题仍可能是由中微子振荡之外的原因引起的。直到2002年以前，科学家都没有找到太阳中微子振荡的直接证据，即直接观测到太阳中微子发生转变的过程。

变幻莫测的中微子

中微子的振荡机制

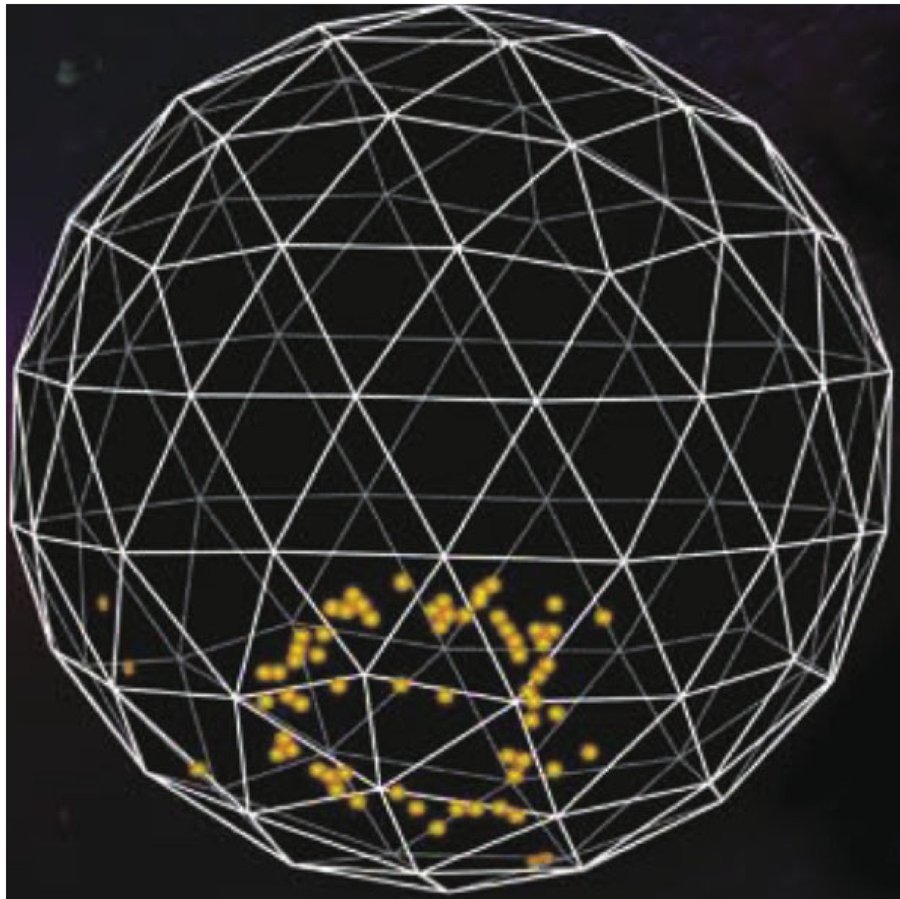
电子中微子（左）实际上是两类（1类和2类）中微子量子态的同相叠加。因为这两类中微子的波长不同，所以当它们运动一段距离后会出现相位差，形成一个μ子中微子或τ子中微子（中），再运动一段距离后又振荡回一个电子中微子（右）。



振荡发生在哪里？

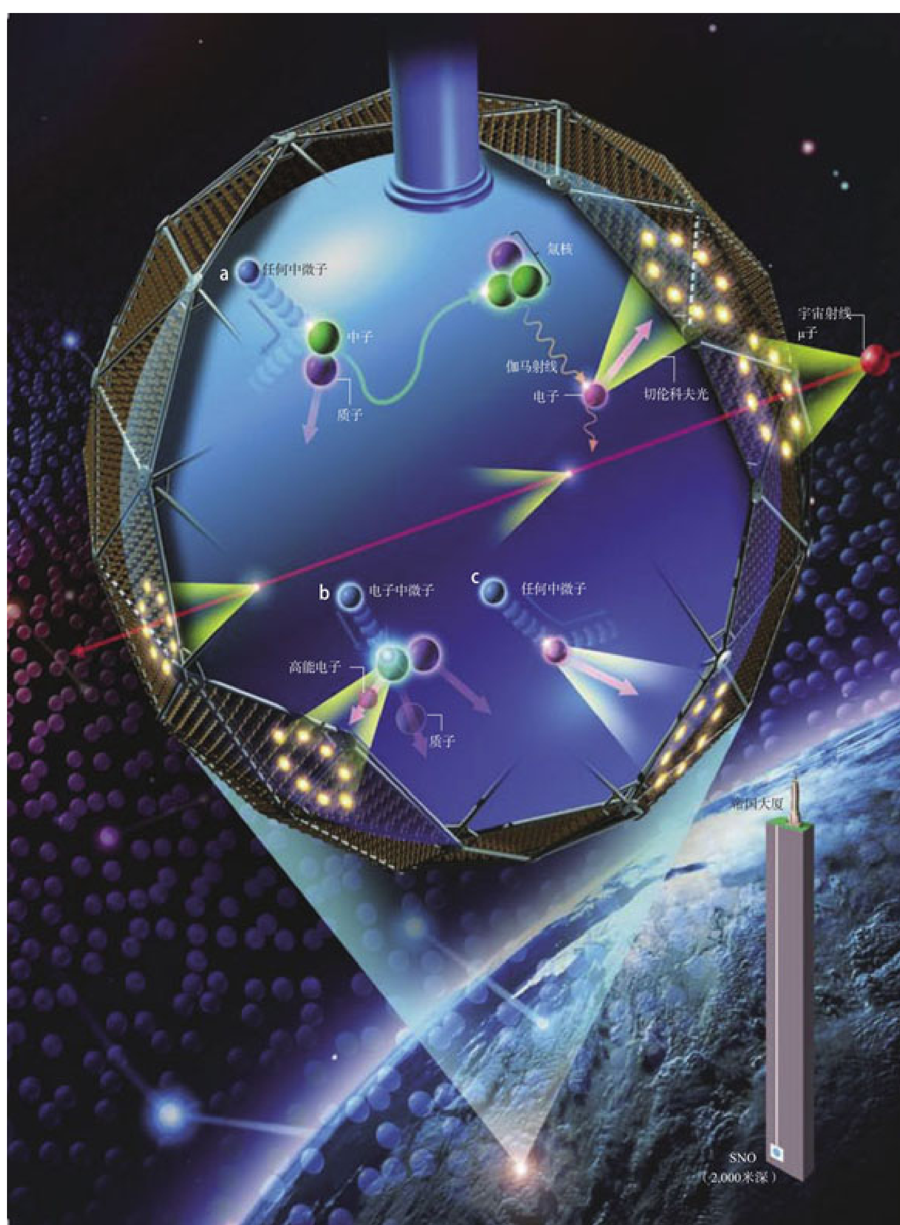
在太阳中心产生的电子中微子可能在太阳内部发生振荡，也有可能在到达地球前8分钟路程的宇宙空间中振荡。振荡发生的具体位置和中微子的性质有关，如两类中微子的质量差以及在叠加态中的具体系数。中微子穿越地球时可能还会产生额外的振荡，这导致白天和晚上的观测结果存在差异。

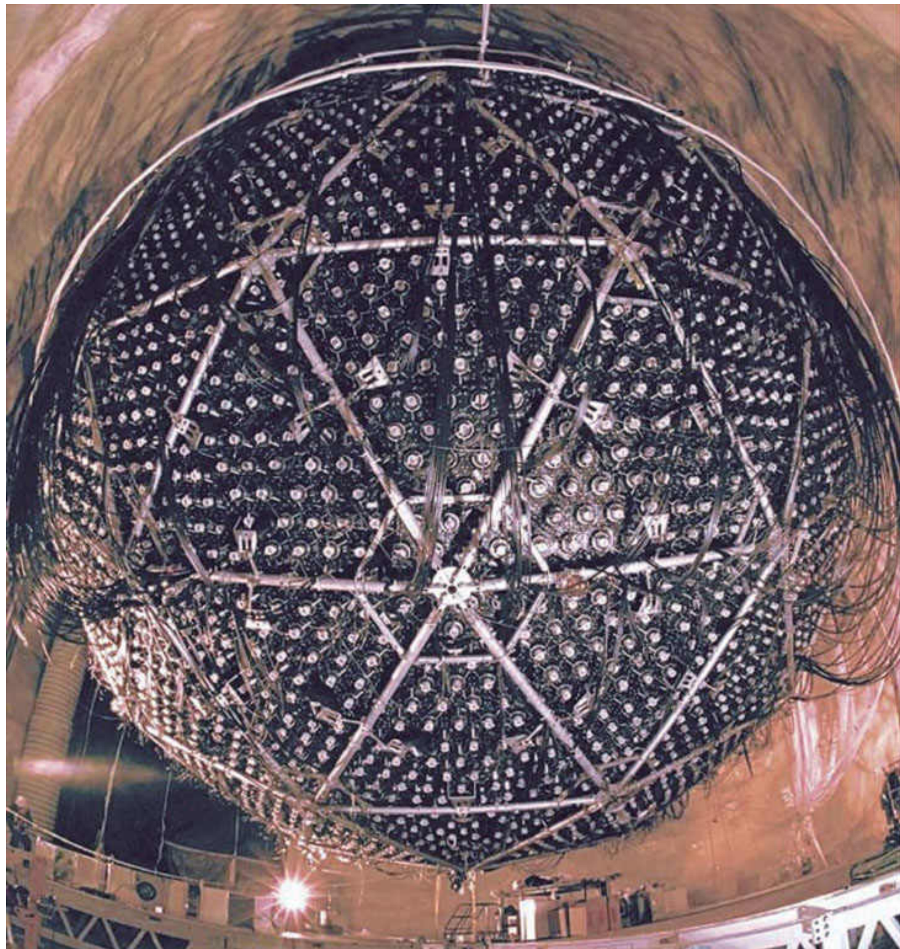
一个可能的中微子事例的真实数据



SNO如何监测中微子？

SNO通过观测电子在高速运动时产生的切伦科夫光来监测中微子（见下页图）。在SNO内部的重水（蓝色大球体）中，中微子有三种产生高能电子的方式。第一种方式是在氘核分解反应（a）中，中微子（蓝色）把一个氘原子核分解为一个质子（紫色）和一个中子（绿色）。分解出来的中子会和其他氘原子核结合，并释放出伽马射线（波浪线）。伽马射线会继而激发一个电子（粉色），该电子产生的切伦科夫光（黄色）能被仪器监测到。第二种方式是在中微子吸收反应（b）中，一个中子会吸收一个中微子，转化为一个质子和一个高能电子，只有电子中微子会产生这个吸收反应。还有一种概率较小的反应是中微子直接与电子发生碰撞（c）。由于宇宙射线中的μ子无论在探测器外部还是内部都会产生切伦科夫光，科学家们可以通过产生的切伦科夫光的强度和位置区分宇宙射线μ子（红色）和中微子。因为实验装置位于2,000米深的地下，来自宇宙射线的μ子受到屏蔽，其数量可以被降低至可以接受的范围。


a
任何中微子
中子
质子
氘核
伽马射线
电子
切伦科夫光
宇宙射线
μ子
b
电子中微子
高能电子
质子
c
任何中微子
帝国大厦
SNO
（2,000米深）



一个直径18米的类球多面体上设有9,500多个光电倍增管，它们就像萨德伯里中微子观测站的眼睛。这些光电倍增管用来监测一个直径12米的丙烯酸容器内的1,000吨重水，每个光电倍增管都达到能监测到一个光子闪光的精度。整个装置被悬放在普通水中。建造整个装置的所有材料都必须被严格纯化，除去自然存在的放射性元素，以避免太阳中微子的计数结果被干扰信号掩盖。

萨德伯里观测站

建立萨德伯里中微子观测站的初衷就是为了寻找这样的直接证据。观测站用1,000吨重水检测中微子，中微子遇到重水会发生好几种不同的反应过程，其中一种反应只对电子中微子有效；而其他反应则能捕获所有三种中微子且无法把它们分辨出来。假如抵达地球的太阳中微子只包含电子中微子，即没有发生中微子振荡，那么对三种味一起监测的观测结果应该和只监测电子中微子的结果一样。反之，若观测到的三种味

的中微子总数远大于电子中微子的数量，则将证明太阳中微子的味发生了变化。

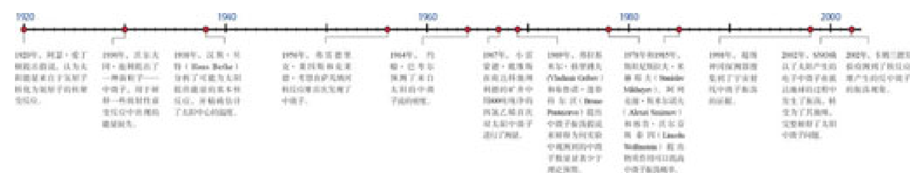
为什么SNO既能只监测电子中微子，又能同时监测所有味的中微子？奥秘就在于重水中的氘原子核。氘内的中子会产生两种不同的中微子反应：中微子吸收和氘核分解。中微子吸收是指中子吸收一个电子中微子，并释放出一个电子；氘核分解是指一个氘核分解为一个质子和一个中子。只有电子中微子可以产生中微子吸收反应，而任何味的中微子都可以引起氘核分解反应。SNO也能监测另一种反应——中微子导致的电子散射，该反应也可以用来统计非电子中微子的数量，但对μ子中微子和τ子中微子而言，该反应远没有氘核分解灵敏（见第118、119页图）。

SNO并不是最早使用重水做实验的。早在20世纪60年代，凯斯西保留地大学的詹金斯（T. J. Jenkins）和迪克斯（F. W. Dix）就尝试用重水探测太阳中微子。他们在地面上放置了约2,000升（2吨）重水，但太阳中微子的迹象被宇宙射线产生的效应所掩盖了。1984年，加利福尼亚大学欧文分校的陈华生（Herb Chen）提议，从加拿大的坎杜核反应堆项目中抽出1,000吨重水，置于萨德伯里的沃伊贝镍公司克莱顿镍矿底部。在这么深的地下，宇宙射线可在一定程度上被屏蔽掉，科学家可以清晰地记录由太阳中微子产生的中微子吸收和氘核分解反应。

这个提议促成了SNO合作计划，最初的领导人是陈华生和加拿大安大略省金斯顿女王大学的乔治·尤安（George Ewan）。最终，SNO探测器得以问世。科学家在一个直径12米的透明丙烯酸酯容器中装了1,000吨重水。重水外的一个直径18米的类球多面体上，安置了超过9,500个光电倍增管用来监测重水（见第120页图），每个光电倍增管都可以监测到单个光子产生的闪光。整个装置浸在超纯水之中，所在洞穴则位于地表2,000米下。

人类对太阳和中微子80年的探索历程

人类花了将近一个世纪才完全确认了太阳能量的来源是核聚变。在这期间，中微子的角色也从猜测性的假说变成了关键性的实验工具。中微子振荡现象告诉物理学家们，在未来数十年中仍然有新的基础物理原理等待着人们发现。



SNO的测量结果

科学家之所以可以在极深的地下监测太阳中微子，是因为中微子和物质之间的相互作用非常微弱。白天时，中微子可以轻易穿透2,000米厚的岩石到达探测器处。即使是晚上，当它们从地球另一侧穿过来时，也几乎同样不受影响。由于太阳中微子与物质的相互作用极弱，它们非常适合用于研究太阳的天体物理学问题。在太阳中心产生的大部分能量需要花上万年的时间才能到达太阳表面，以太阳光的形式辐射出去。而中微子则只需花2秒钟就可以从太阳能产生之处离开太阳，向我们飞来。

既然连整个太阳和地球都很难影响到中微子，要想用1,000吨重的探测器监测到它们实非易事。虽然绝大部分中微子都会穿过SNO而不留下任何痕迹，好在总还有非常少量的中微子会偶然撞上电子或原子核，并产生足够被仪器观测到的反应能量。只要中微子数量多到一定程度，即使反应概率再小，也还是会发生。幸好太阳中微子确实数量惊人，每秒钟每平方厘米内就有500万个高能太阳中微子穿过，因此SNO的1,000吨重水每天可以记录到约10个中微子反应事例（在粒子物理实验中，被探测器探测到的一次粒子反应就是一个事例）。SNO内发生的三种中微子反应都会产生高能电子，继而产生切伦科夫光。切伦科夫光和物体高速运动时产生的声爆类似，是一束光锥，可以被仪器观测到。

但是，我们还必须将中微子反应产生的切伦科夫光与其他粒子反应产生的信号区别开，尤其是在大气层上方不断产生的宇宙射线μ子，它们进入探测器时会产生大量切伦科夫辐射，足以激活每个光电倍增管。好在探测器和地表之间数千米厚的岩层把大部分μ子挡住了，最后探测器监测到的μ子信号降至每小时3次。虽然这还是比每天仅有10次的太阳中微子反应事例多得多，但μ子在通过探测器外层的普通水时也会产生切伦科夫辐射，因此我们很容易通过这一点将其和太阳中微子区分开。

真正棘手的问题在于，探测器材料自身的放射性也会产生计数信号。探测器内部的一切物质，不管是重水本身，还是丙烯酸酯容器，乃

至容器上的光电倍增管及其支撑结构中的玻璃和钢铁，都含有微量的放射性元素。此外，矿井内部的空气中也含有放射性的氡气。SNO探测器内部的放射性元素的每一次衰变都会产生高能电子或是伽马射线，最终产生切伦科夫辐射，而这些信号和中微子反应产生的非常相似。虽然SNO所用的水和其他材料都经过了纯化（或是直接使用天然纯净的材料），以排除这些可能的放射性干扰源，但即使只剩几十亿分之一的放射性元素，也足以覆盖真正的中微子信号。

因此SNO的前期任务十分复杂：一方面必须对所有中微子反应计数，并确定三种中微子反应的事例数各有多少，另一方面还要估计出仪器观测到的事例中有多少是由其他原因造成的，例如放射性元素的干扰。每一个步骤都必须分析得非常精确，任何一步出现了哪怕只有百分之几的误差，也会让计算出的电子中微子占总中微子的比例毫无意义。从1999年11月到2001年5月，SNO一共测量了306天，记录到了近5亿个反应事例，但仔细筛除了全部干扰源后，可认为是太阳中微子反应的事例只剩下了2,928个。

SNO并不能确认每次监测到的可能的中微子事例到底来自哪一种反应。如第118页的图示，观测到的事例既有可能是由氘核分解反应产生的，也同样可能是由中微子吸收反应产生的。不过我们在分析了大量反应事例后，可以从统计上对两种反应进行区分。举例来说，氘核分解反应（即重水中氘原子分裂成质子和中子的过程）总是产生一束固定能量的伽马射线，而中微子吸收反应及电子散射所产生的电子对应的能量谱则较宽。类似地，电子散射产生的电子的运动方向是远离太阳的，但氘核分解产生的切伦科夫光却可能指向任何方向。此外，这些反应出现的位置也不尽相同，如电子散射在探测器外层普通水中出现的概率和在内部重水中出现的概率是一样的，但其他反应则不然。利用这些细节信息，SNO的研究人员可以通过统计确定每个反应对应的可观测事例的数量有多少。

这些测量完全可以在核物理实验的范畴之内实现（不必涉及能量更高、尺度更小的粒子物理实验技术）：利用已知能量的放射源，可以通过切伦科夫光来测量相应反应的能量；使用可变波长的激光源，可以测量切伦科夫光是如何通过探测器内各介质（包括水、丙烯酸酯和光电倍增管）并在界面处反射的。而为了确定放射性干扰对实验结果产生的影响，科学家也可以通过类似的实验来实现，比如用专为SNO设计的新技

术对水做放射性分析。

在统计分析之后，SNO的最终监测结果中有576个事例被认为来自于氘核分解，1,967个事例来自中微子吸收，还有另外263个来自电子散射，剩下的122个事例是由材料的放射性以及环境中的其他因素造成的。根据这些仪器记录到的事例数，以及氘核分解、中微子吸收和电子散射的微小概率，我们可以推算出有多少中微子通过了SNO。最终，根据探测器观察到的1,967个中微子吸收反应事例推算，每秒钟每平方厘米有175万个电子中微子通过了SNO探测器，这只是太阳模型预测的中微子数量的35%。所以，SNO首先确认了其他太阳中微子实验中的发现：从太阳抵达地球的电子中微子数量远少于太阳模型的预测。

关键的问题在于，抵达地球的电子中微子数量是否也显著少于抵达地球的总中微子数量。事实上，探测器观察到的576个氘核分解反应事例意味着，每秒钟每平方厘米有509万各种味的中微子通过了SNO，这远比通过中微子吸收所测得的电子中微子的数量（175万个）多。计算结果非常精确，这两个数字之差是实验误差的5倍多。

其他中微子实验

霍姆斯特克：南达科他州利德的霍姆斯特克金矿内设有一个太阳中微子探测器。最早用氯原子监测中微子的实验就是1967年在这里开始做的，当时用了600吨四氯乙烯。

神冈：超级神冈探测器位于此地，用50,000吨轻水作为探测器，研究宇宙射线中微子、太阳中微子以及从250千米之外的日本高能加速器研究机构设施中产生的μ子中微子（K2K实验）。另一个小一点的探测器——卡姆兰德也设在这里。卡姆兰德用到了1,000吨液态闪烁材料，当带电粒子通过这种材料时会导致材料发光。卡姆兰德监测了附近的日本和韩国的核反应堆中生成的反电子中微子。这里原来还有一个名叫神冈探测器的轻水探测器，用于观测宇宙射线中微子和太阳中微子，但后来被改造成了卡姆兰德。

俄美联合镓元素太阳中微子实验：实验设施位于俄罗斯高加索山脉的巴克桑。实验用到了50吨镓，可以监测太阳内部质子–质子链聚变反应产生的低能中微子。

格兰萨索国家实验室：在罗马约150千米以东的大萨索山内有着世界上最大的地下实验室，人们通过高速公路隧道进出。这里的太阳中微子实验包括1991年开始的太阳中微子实验（Gallex/GNO，用了液态三氯化镓，其中含有30吨镓）和低能太阳中微子实验（Borexino，用2,200个光电倍增管监测300吨闪烁材料）。

加速器中微子实验：伊利诺伊州费米实验室的实验装置。μ子中微子束和反μ子中微子束从地面向下穿越500米抵达探测器，探测器用800吨矿物油来监测它们。该

装置的目的是验证1995年由洛斯阿拉莫斯国家实验室所做的LSND实验得到的饱受争议的结果，实验从2002年开始收集数据。

米诺斯：该装置会从费米实验室向735千米外明尼苏达州的苏丹探测器发射中微子束。探测器内有5,400吨铁，周围镶嵌着塑料的粒子探测器。它从2005年开始收集数据。

测得的氘核分解反应的事例数表明，抵达地球的509万个太阳中微子中，有近2/3是μ子中微子和τ子中微子，但是太阳内部的聚变反应只能产生电子中微子，这就表明在从太阳到地球的旅途中，部分电子中微子发生了转变。所以SNO的实验结果给出了直接证据，说明中微子并不像标准模型中描述的那样，是三种互相独立的不同味的零质量粒子。经过了30年的不懈努力，只有超级神冈探测器和SNO观察到了与标准模型不符的实验结果。中微子的味会发生改变这一事实直接而有力地表明，微观世界中还有太多的未解之谜。

那么太阳中微子问题本身呢？发现了电子中微子可以转化成其他味的中微子，是否能完全解释过去30年内的实验结果呢？事实正是如此。从氘核分解数据推算出的509万这个数量和太阳模型的预测高度一致。如今我们终于可以自信地说，我们真正理解了太阳产生能量的原理。在过去这曲折的30年中，我们对中微子的性质有了新的认识，最后终于实现了戴维斯最初的目标，同时开始用中微子研究太阳现象。举例来说，通过研究中微子，我们可以确定有多少太阳能是由氢原子核直接聚变产生的，又有多少太阳能是在碳原子的催化下产生的。

SNO的发现还有更深远的影响。假如中微子会以振荡的形式改变味，那么它的质量就不可能是零。在已知的基本粒子中，中微子的数量排在光子之后，是宇宙中第二多的粒子。因此对它的质量估计哪怕出现一点点变化，对宇宙模型的影响都是巨大的。SNO和超级神冈探测器在观测中微子振荡的实验中只测量了不同中微子的质量差别，而不是质量的绝对值。然而，如果质量差不为零，则意味着至少有一些中微子的质量不是零。通过把中微子振荡实验中测得的质量差和其他实验中测得的电子中微子质量上限进行结合，科学家计算出在扁平宇宙模型中，中微子的质量会占到0.3%～21%之多。（扁平宇宙模型获得了其他宇宙学数据的有力支持。）这些质量可不是微不足道的（与占宇宙质量4%的气体、尘埃和恒星总质量大体在同一个数量级），但还不能完全解释宇宙的全部质量。中微子只是目前唯一已知的可能构成暗物质（宇宙质量

的未知部分）的粒子，肯定还有很多物理学尚未发现的粒子存在，并且其数量比现在已知的一切物质都多。

未来的研究

SNO正在努力寻找中微子振荡受物质影响的直接证据。前文提到中微子在从太阳内部到达太阳表面的过程中，振荡的概率有可能会增大。假如这个假设成立，那么当中微子穿过整个地球时，振荡的概率有可能会稍微降低一点，也就是说在晚上观测到的太阳所发出的电子中微子会比白天多一点。SNO的数据确实显示晚上监测到的电子中微子比白天多一点，但由于观测存在误差，科学家认为该结果不足以证明这种效应的真实性。

前文描述的SNO结果还只是个开始。本文引用的实验中，监测关键的氘核分解反应的方式是观察其他氘原子捕捉到反应产生的中子时产生的光，但这一过程效率很低，只能产生很少量的光信号。2001年5月，科学家向重水中加入了两吨高纯度的氯化钠（食盐）。氘核分解时产生的中子更容易被氯原子核捕捉，并产生更多光，这让研究者得以将氘核分解反应与中微子吸收及其他干扰因素区分开。

这样，SNO找到了一种独立的新方法，可以更准确地测量氘核分解的发生频率。2003年，相关的实验结果出来了，不仅确认了SNO之前的实验结果，而且以更高的精确度确认了中微子的性质。SNO合作组还建造了一系列名叫正比计数器的超净探测器，并于2003年把该探测器阵列放置在已经去除了盐的重水中，来直接观察氘核分解反应产生的中子。建造这些探测器本身就是一个巨大的技术挑战，因为必须把探测器材料自身的放射性干扰降至最低，保证探测器的每一米长度上每年发生的元素衰变不超过一次。这样的装置可以帮助科学家对中微子性质进行更多细致的测定。

SNO有着得天独厚的优势，其他实验也取得了重要发现。日本、美国联合建造的新探测器卡姆兰德的第一份实验结果在2002年12月公开发表。卡姆兰德探测器和超级神冈探测器设在同一地点，用于研究附近的日本和韩国核反应堆产生的反电子中微子。假如中微子振荡在遇到物质时会增强（这是SNO实验所未能证实的假说之一），那么反中微子在穿过几十或几百千米距离时同样会发生味变。事实上，卡姆兰德监测到的反电子中微子确实数量稀少，很可能是由于在从反应堆穿行至探测器的

路程中发生了振荡。根据卡姆兰德的观测结果所得出的中微子性质和之前SNO的结果一致。

未来对中微子的研究可能会让我们窥知宇宙最大的一个奥秘：为何宇宙是由物质而不是由反物质构成的？俄罗斯物理学家安德烈·萨哈罗夫（Andrei Sakharov）最早指出，之所以能从大爆炸时的纯粹能量演化成现在这个以物质为主导的宇宙，一个必要条件就是物质和反物质遵循不同的物理定律，这又叫做宇称不守恒。对粒子衰变的精确测量已经证实了物理定律是宇称不守恒的，但是目前已知的宇称不守恒还不足以解释为何宇宙中有如此多的物质，因此必定有一些我们还未发现的现象中隐藏了更多宇称不守恒，中微子振荡可能就是其中之一。

观察中微子振荡的宇称不守恒现象要分很多阶段。首先物理学家们需要在强流μ子中微子束中发现电子中微子，接下来需要建造可以产生更强粒子束流的加速器，以产生高强、高纯的中微子束，让物理学家在不同大陆甚至是地球另一端的探测器中观测到中微子振荡。此外，对于一种罕见的放射性过程——无中微子双β衰变的研究也能提供更多关于中微子质量和宇称不守恒的信息。

以上这些实验，可能还得再过10年才能完成。10年看起来很久，但在过去30年中，SNO等所做的里程碑式的实验已经证明了物理学家们既有耐心又有毅力——要想研究像中微子这样神秘莫测的粒子，没有耐心和毅力是不行的。掌握中微子的秘密，对于进一步理解粒子物理学、天体物理学和宇宙学的相关问题至关重要，正因如此，我们不会止步。

扩展阅读

The Origin of Neutrino Mass. Hitoshi Murayama in *Physics World*, Vol. 15, No. 5, pages 35–39; May 2002.

The Asymmetry between Matter and Antimatter. Helen R. Quinn in *Physics Today*, Vol. 56, No. 2, pages 30–35; February 2003.

The Neutrino Oscillation Industry Web site, maintained by Argonne National Laboratory, is at **www.neutrinooscillation.org**

The SNO Web site is at **www.sno.phy.queensu.ca**

二
诺贝尔化学奖
Nobel Prize in Chemistry

阿龙·克卢格

1982年 / 诺贝尔化学奖

罗杰·科恩伯格

2006年 / 诺贝尔化学奖

迈克尔·莱维特

2013年 / 诺贝尔化学奖

保罗·莫德里奇

2015年 / 诺贝尔化学奖

核小体

染色体结构的基本单元由DNA超螺旋盘绕组蛋白核心构成。本文讲述了发现核小体并确定其结构的过程。

撰文 / 罗杰·科恩伯格（Roger D. Kornberg）
阿龙·克卢格（Aaron Klug）
翻译 / 朱机



本文作者之一阿龙·克卢格因研究病毒及其他由核酸与蛋白质构成的粒子的立体结构，获得1982年诺贝尔化学奖。本文作者之一罗杰·科恩伯格因对真核转录的分子基础所做的研究，获得2006年诺贝尔化学奖。本文刊发于《科学美国人》1981年第2期。



罗杰·科恩伯格是美国斯坦福大学结构生物学系的教授。在英国剑桥大学分子生物实验室工作期间，发现了核小体——DNA在染色体中呈螺旋状的最小单位。1978年开始担任斯坦福大学教授，主要研究真核基因转录的原理和规则。

阿龙·克卢格，英国化学家。曾在伦敦大学伯克贝克学院任研究员，从事烟草花叶病病毒及其他病毒结构研究。此后回到剑桥大学，利用晶体学电子显微镜技术研究病毒、染色质等生物大分子的化学结构。

100多年前，人们第一次通过显微镜观察到高等细胞中遗传信息的携带者——染色体的时候，看到了正在分裂的细胞内有两组致密的线状物朝着相反方向移动。这两组染色体随后分别进入两个子细胞，被纳入包裹着核膜的细胞核中。接下来，发生了一件奇怪的事：染色体好像不见了！它们当然并没有真的消失，只是变得非常细，弥散在细胞核内，因而在显微镜下就看不到了。染色体在细胞分裂时会高度凝缩，以便移动和平分；在子细胞内，它们会散开，将细胞生长和执行功能所需的遗传信息暴露出来。

染色体上的信息被划分成更小的单元，即基因。在动植物细胞内，通常一条染色体上依序排列着成千上万个基因。基因决定着蛋白质的结构，蛋白质执行细胞功能。在不同类型的细胞中，比如血细胞、肝细胞、脑细胞等，蛋白质的功能不尽相同。因而，各种类型的细胞所产生的蛋白质也各不相同。可是，一个有机体的所有细胞具有相同的基因。不同的细胞之间、细胞在不同的时间之中的区别取决于哪些基因被表达，或者说哪些基因被翻译成了蛋白质。遗传信息必须有选择性地表达，同时染色体也是有选择性地展开（前者有可能是后者的结果），也就是说，只有在特定时间、特定细胞内被表达的基因区域会最大限度地伸展并暴露出来。丰富多样的细胞类型也正反映出染色体形态结构上非凡的多样性。那么，这种多样性的基础是什么？染色体的结构如此灵活，显然不仅解释了基因的选择性表达，还可以解释直径小于0.01微米的细胞核内是如何容纳总长度达2米左右（以完全展开后的长度来计）的染色体物质。那么，使得染色体结构如此灵活的基础又是什么？

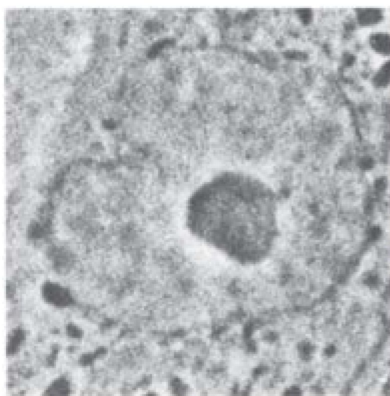
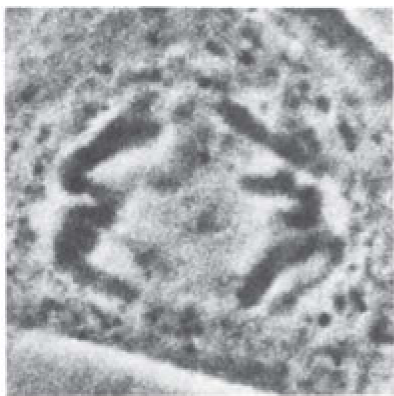
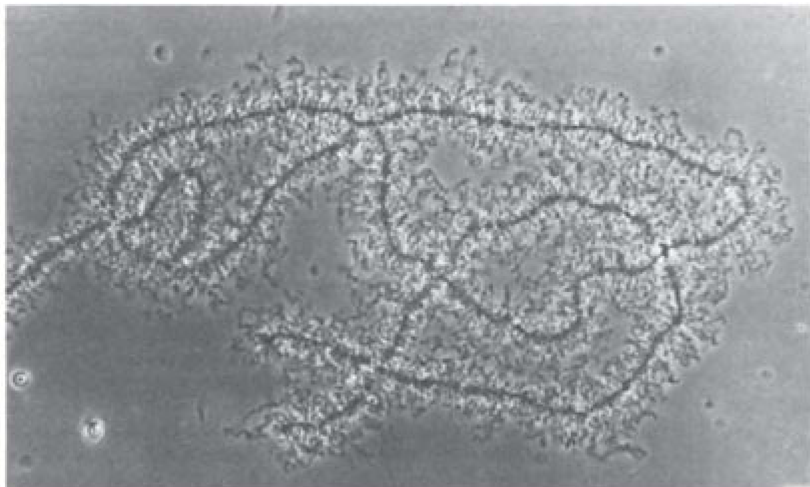
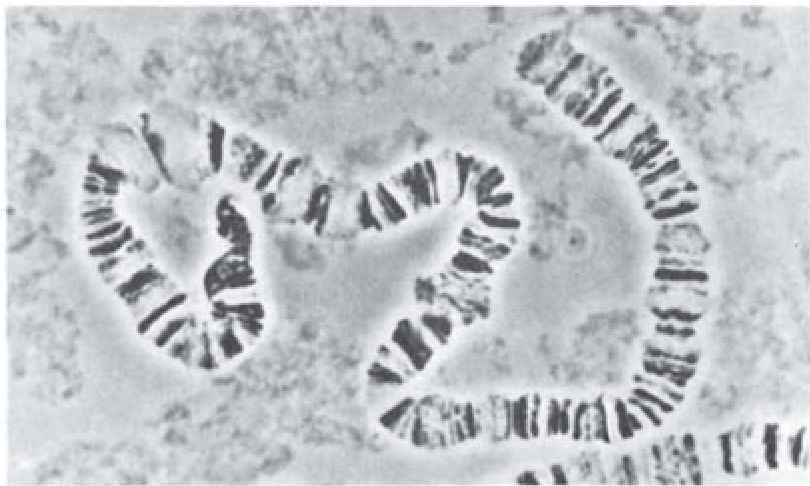
本文提到的这些研究（由我们和其他一些研究者完成）得出了一部分答案。我们自己的大部分工作在英国剑桥医学研究委员会分子生物学实验室完成，前后花费大约8年时间。有时我们会与他人合作，但绝大部分工作是我们在不同阶段独立开展的。我们与以下几位展开了密切的

合作：剑桥大学的琼·托马斯（Jean O. Thomas）、本文刊发时任职于瑞士巴塞尔大学的马库斯·诺尔（Marcus Noll），以及分子生物学实验室的约翰·芬奇（John T. Finch）。在以下行文中，为简便起见，主要采用复数“我们”来表述，不再一一说明各阶段分别由我们或合作者中的哪位完成。

最早的染色体研究集中于揭示染色体的组成。在高等细胞中，染色体的基本成分被称为染色质。染色质由两类化学物质组成：蛋白质和核酸DNA。尽管其中蛋白质含量更高，但染色质的遗传信息却全部储存在DNA中。为什么要有那么多的蛋白质呢？蛋白质的特性使得这个问题特别吸引人。到了20世纪70年代早期，很多研究者的工作表明，染色质中的蛋白质成分主要有5种，都被称为组蛋白。在各种真核生物（染色质被包含在细胞核内的生物），从相对简单的（比如酵母和霉菌）到最为复杂的生物（比如人类）中，都发现了相同的5种组蛋白。揭秘组蛋白成了研究者的一大目标，大家希望搞清楚组蛋白在染色体上的位置，及其具体作用。

20世纪50年代，出现了提示组蛋白作用的第一个证据，即染色质的X射线衍射结果。这项研究由伦敦大学国王学院的莫里斯·威尔金斯（Maurice F. Wilkins）和巴黎遗传分子中心的维托里奥·卢扎蒂（Vittorio Luzzati）等人完成。X射线衍射技术适合研究原子或分子在三维空间以重复形式排列的结构（例如晶体）。威尔金斯和卢扎蒂得到的结果非常引人注目，他们找到的证据表明，染色质具有重复性结构。染色质结构的重复程度虽远比不上晶体，但也是清晰可辨的。并且，这种重复性结构被证实是组蛋白和DNA的混合物。X衍射数据的分析结果提示，重复性结构每隔100埃（1埃＝10^{-10}米）左右出现。

要弄懂染色质中出现的有序性，有必要考虑蛋白质和DNA的结构。蛋白质是由20种氨基酸作为基本单元所组成的长链分子。长链会按照氨基酸序列所决定的方式进行自发折叠。折叠后的结构大体上变得更加紧密，但在表面留有一定的空腔和突起，作为选择性结合其他分子的位点。蛋白质正是借助这种结合方式实现其功能。举例来说，酶与其他分子结合，催化其他分子的化学转化；抗体结合进入机体的外来物质，从而在免疫反应中起到关键作用。组蛋白在染色质中执行功能则是通过离子相互作用的方式与DNA结合，因为构成组蛋白的很多氨基酸带正电，可以结合DNA上带负电的基团。

高等生物的染色体在结构形态上表现出极其丰富的多样性。从直径放大3,000倍的显微图片［由加利福尼亚大学伯克利分校的苏珊·斯托尔曼（Susan Stallman）和扎霍伊斯·康代（Zacheus Cande）制备］可见，鼠袋鼠活跃的细胞核中（上图左侧）的染

色体物质处于高度伸展的状态，完全弥散在细胞核内，因而在显微镜下一团模糊（黑色盘状物是细胞核）；而正在分裂的鼠袋鼠细胞中（上图右侧），染色体则是高度凝缩，显现出粗短的V形。在各种组织的细胞中，在合适的时间点，都可以观察到染色体的这两种极端状态。除此之外，染色体还有几种结构迥异的特殊形式。在很多动物的生殖细胞中可以见到的灯刷染色体就是一种活性形态，此时中轴外侧的环状突起上排列着正在被表达的基因。在直径放大375倍的蝾螈卵母细胞显微照片［由耶鲁大学的约瑟夫·高尔（Joseph G. Gall）制备］上可以看到灯刷染色体（中图）。在果蝇幼虫的细胞内可以见到多线染色体，每条由单根染色体的数百个拷贝精确并排而形成。下图是显微镜下直径放大2,500倍的果蝇多线染色体［由加利福尼亚州立大学诺思里奇分校的乔治·勒费夫尔（George Lefevre）制备］。

重复性结构对DNA构型影响重大。DNA分子又细又长，单根DNA分子贯穿一条染色体。DNA分子由两条链组成，其基本单元为核苷酸，核苷酸序列被视为遗传信息。DNA的两条链相互缠绕，组成缆线一般的双螺旋，相当僵直。这种细杆形的分子本身没有每隔100埃重复出现的结构特征，但染色质中的DNA结合组蛋白之后，就出现了100埃的重复性结构了。有一种解释是，组蛋白结合DNA的方式迫使DNA折叠缠绕，并形成长度为100埃的周期，组蛋白执行了在染色质中组织DNA所必需的结构功能。

另一类完全不同的证据指向了相似的结论。1973年，南澳弗林德斯大学的迪安·休伊什（Dean R. Hewish）和利·伯戈因（Leigh A. Burgoyne）很偶然地在大鼠肝细胞的细胞核内发现了一种核酸酶（核酸酶是可降解DNA的酶）。经核酸酶降解得到的DNA片段可以通过凝胶电泳进行分析。凝胶电泳技术是让分子在电场的作用下在多孔介质内迁移，大小不同的分子经过介质的筛选被分开，实验原理是凝胶中的小分子比大分子移动得快，因而也比大分子跑得更远。休伊什和伯戈因发现，染色质中的DNA被大鼠肝细胞核酸酶降解后，在凝胶中呈现出规律性分布的条带。从条带形状来看，如果以最小的片段作为基本单元，其他片段的大小分别是其2倍、3倍、4倍等整数倍。与这一结果截然相反的是，裸露DNA被核酸酶降解后，得到的片段在凝胶里会出现弥散现象。换句话说，大鼠核酸酶降解染色质时有规律地以一定间隔切断DNA，而降解裸露DNA时则是随机切断的。休伊什和伯戈因推断，染色质中的蛋白质向DNA提供了某种规律性的保护，使其不被核酸酶降解，因而蛋白质必然以一种有规律的模式沿着DNA分布。

回过头来看，我们知道X射线衍射和核酸酶降解的结果都能说明组

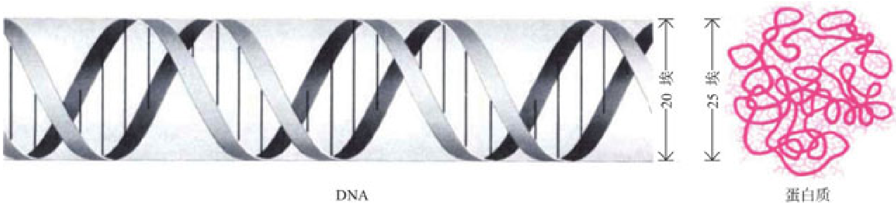
蛋白–DNA之谜的答案，但当时我们根本不清楚这一点。这些结果所带来的问题比它们能回答的问题还要多。这两项结果都可以用DNA的重复性折叠来解释吗？还是说，这两项结果都是蛋白质的周期性造成的，与DNA受到的结构限制无关？甚至，这两项结果间究竟有没有关联？如果答案和折叠有关，那么DNA长杆实际上沿着什么样的走向弯曲？如果X衍射与核酸酶降解的结果都是因为蛋白质，那么这种蛋白质是不是组蛋白？如果是，究竟是和5种组蛋白都有关，还是只牵涉其中某几种？让上述问题显得更加麻烦的是，当时许多研究者普遍认为组蛋白多多少少与染色体结构的多样性以及基因表达的多样性有关。如果组蛋白只是沿着DNA简单重复，可能就无法起到这些作用；在当时看来，似乎更有可能的是在染色体的不同区域找到5种组蛋白的不同组合，由它们形成复杂多样的结构。

尽管是在这样不确定的大背景下，威尔金斯及其同事还是提出了一个有关DNA重复性折叠的具体设想，用来解释染色质的X射线衍射结果。他们认为，DNA双螺旋自身会卷曲，形成更大的螺旋，其周期（或者说螺距）在100埃左右。而组蛋白被认为与这种“超螺旋”结构有关，但具体如何起作用，他们没有提供更多的细节描述。

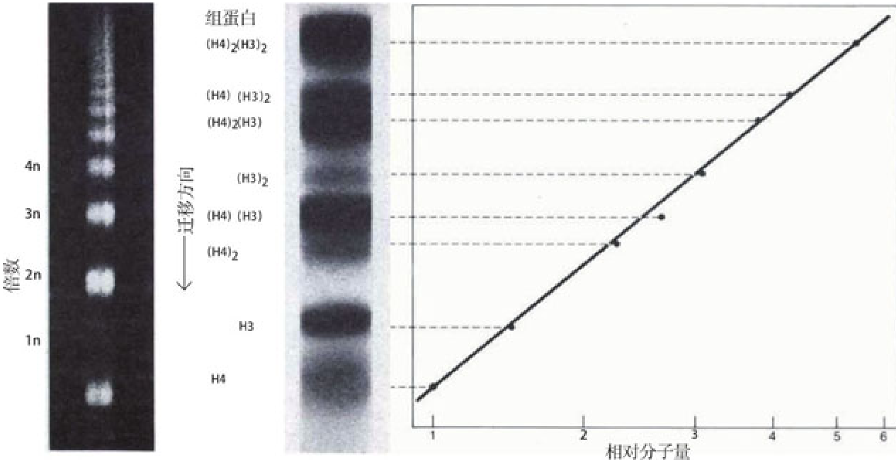
超螺旋模型尽管与衍射数据相符，却没有被广泛接受。问题不是出在模型上，而是由于数据不足。按照设想，应该有大量的折叠DNA以100埃的间距重复出现，这样就能解释实验数据。1971年，克里克（F. H. C. Crick）和我们两位作者之一克卢格在分子生物学实验室展开理论研究，分析可以替代超螺旋模型的其他模型。我们两位作者中的另外一位——科恩伯格于1972年来到剑桥，开始做染色质的X射线衍射实验，希望获得更多数据，以便确定替代模型中的哪个是正确的。我们一度保持着这种希望，总以为下一个衍射图样就会解决问题，但一年过去，大约得到100份衍射图样后，这种直接的做法没能让我们与答案离得更近。

但是，我们在X射线衍射上的努力仍然是富有成效的，因为我们同时还在尝试着用DNA和分离出的组蛋白进行染色质的重构，而染色质特征性的X射线衍射图样被用来测定染色质重构的程度。我们的目标是了解哪种组蛋白与DNA的折叠或者卷曲有关。在用DNA和未经分离的全部组蛋白混合时，将近90%的重构都可以完成；但在用DNA和4种纯化的组蛋白中任何一种单独混合来重构染色体的尝试均告失败。我们总结为

分离组蛋白的过程会使其变性：蛋白质正常执行功能需要紧密折叠所形成的“天然”构象，而这种构象被我们破坏了。无疑，我们需要一种更温和的抽提组蛋白的方法。



染色质（高等细胞的染色体物质）由DNA和蛋白质组成，后者包括5种组蛋白。杆状的DNA分子由两条核苷酸长链组成双螺旋结构，核苷酸序列编码遗传信息。图中的管状结构是包裹两条长链最外侧化学基团的封套。蛋白质（非常粗略的示意图）是由20种氨基酸亚单位组成的长链，通过折叠形成的错综复杂的主链（实线）上还有氨基酸侧链。



凝胶电泳可以按大小分选分子，因为不同分子在胶中的迁移速率与其分子量的对数呈反比。凝胶电泳的结果为核小体的存在（左图）提供了初步证据，为核小体的组成（右图）提供了线索。用核酸酶剪切染色质得到的DNA片段经过抽提后进行电泳（左图），经荧光染料染色后，可见若干条不连续的条带。这些条带分别对应于单位长度碱基对（底部的1n）的不同倍数。条带图形暗示核酸酶有规律地按一定间隔剪切染色质，剪切位点在两个核小体之间。交联实验（右图）中，用试剂处理组蛋白H3和H4的混合物，使蛋白质聚集体的长链之间形成共价键；再用去垢剂分离未交联的产物。当用电泳把交联产物分开后，以染料着色，可以看到8个条带，分别可对应8种分子的大小：H3和H4的单体，以及交联形成2个H3、2个H4的四聚体时所有可能的中间阶段。

我们的目光转向了前一年由开普敦大学的德尼斯·范德韦斯特赫伊曾

（Deneys R. van der Westhuyzen）和克劳斯·冯·霍尔特（Claus von Holt）得到的观察结果。他们正尝试将染色质中得到的组蛋白混合物分离为5种组蛋白：H1、H2A、H2B、H3和H4。这5种组蛋白十分相似，因而很难分离。它们都是长链分子，长度相近（除了H1的长度接近其他几种的2倍外），氨基酸组成也十分接近，都有大约20%的氨基酸带正电，其他氨基酸主要呈中性。由于组蛋白还倾向于相互黏附，分离起来就更加复杂了。通常用高浓度的酸和尿素可以解决黏附的问题，但这些试剂会造成大部分蛋白质失活。范德韦斯特赫伊曾和霍尔特不循惯例，寻找新的方法，在保留天然折叠结构的同时分离组蛋白。他们用多孔凝胶柱过滤混合的组蛋白，将其完全分离成两组。先从柱子中出来的一组由H1、H3和H4组成，第二组由H2A和H2B组成。

该结果隐含的意义引起了我们的兴趣。通过凝胶过滤分子时，分子通常按大小被分离，因为小分子能钻进胶粒的内孔，而进不去的大分子绕过胶粒，以较快的速度从胶粒间隙跑出柱子。（这与凝胶电泳的情况相反，凝胶电泳的胶是连续的，中间没有凝胶颗粒的填充，因此所有分子都必须从凝胶中通过，大分子的运动速度没有小分子快。）组蛋白在凝胶过滤柱中的表现让我们感到惊讶，因为H3和H4的移动速率竟然和H1是一样的，可它们的分子大小只有H1的一半。能想到的一种可能的原因是，H3和H4会天然结合成二聚体，这样它们的分子大小就和H1单体一样了。现在来看，H3-H4二聚体的想法并不是唯一一种关于凝胶过滤结果的合理解释，二聚体对染色质结构起什么重要作用也没有立刻显现出来，但这代表了在没有什么其他进展时的某种明确的东西，而我们决定去看看这是否正确。最后证明，我们说对了一半。

我们在重复组蛋白–DNA重构染色质的实验时发现，用更温和的分离方法制备的材料的确保留了组蛋白的功能。通过凝胶过滤柱得到的H3-H4聚集体，与H2A和H2B（可以是从同一个柱子中跑出的，也可以是另一次实验中得到的）混合，加入DNA，总能得到染色质，并会出现特征性的X射线衍射图样。

下一步是验证H3-H4二聚体的想法。琼·托马斯在这一阶段加入了我们，他当时正在用“化学交联”技术钻研蛋白质分子之间的相互作用。这种技术由斯坦福大学医学院的格雷格·戴维斯（Gregg E. Davies）和乔治·斯塔克（George R. Stark）发明，效果最强的一种方式是用交联剂亚胺酸酯处理蛋白质溶液。亚胺酸酯会和蛋白质的氨基形成稳定的连接；当

交联剂分子与蛋白质聚集体中两根相邻氨基酸长链上的氨基连接时，便形成了大小相当于两条链总和的混合物。所形成的混合物用去垢剂十二烷基硫酸钠（SDS）溶解（分离蛋白质聚集物中未交联的分子，并使长链从紧密的构型中伸展开来），再用凝胶电泳检测（长链被按大小分开）。我们原本以为用亚胺酸酯处理假定存在的H3-H4二聚体，再用凝胶电泳分析，将会得到3种大小的分子，也就是在凝胶中会看到3个条带。其中，1个条带对应于H3和H4的交联，2个条带则出自没被交联的H3、H4单体。可实验结果大大出乎我们的意料，不是3个条带，而是8个条带。它们的分子大小分别对应于H3、H4、H3-H3二聚体、H3-H4二聚体、H4-H4二聚体、H3-H3-H4三聚体、H3-H4-H4三聚体和H3-H3-H4-H4四聚体。重新思考这个结果，我们可以认为它们是由2个H3和2个H4组成的聚集体在交联形成过程中所有可能的中间物。换言之，倘若H3和H4不是以二聚体出现而是作为2对二聚体——$(H3)_2(H4)_2$四聚体出现，就可以很好地解释我们所得到的结果。后续的工作证明，的确存在这样的四聚体。

这对于染色质结构来说可能意味着什么？四聚体的同质性（事实上H3和H4只有一种分子聚集形式）说明这是一种独一无二的结构单元。其他组蛋白以及DNA与这种结构单元可能的关系可以从相对数量来推断。绝大多数有机体的染色质内，H2A、H2B、H3和H4分子的数量大致相等，并且每一个分子对应约25个碱基对长度的DNA双螺旋。假如染色质是由许多相同的单元组成，而每个单元以1个$(H3)_2(H4)_2$四聚体为基础，那么这个单元就应该是由2组4种组蛋白组成的八聚体，再加上大约200个碱基对的DNA。

在推断H3和H4的四聚体组成时，我们还参考了其他蛋白质的相似之处，例如在血液中携带氧气的血红蛋白。血红蛋白分子由两种类型的氨基酸链组成，分别被称为α链和β链，它们形成了四聚体：2条α链和2条β链。血红蛋白以及其他一些由多条氨基酸链组成的蛋白质结构，都可以用X射线衍射的方法来确定其原子组成的细节。人们从中发现了一个显著的共同点：这些蛋白质裹得十分紧密，外形近似圆球。它们的表面完全没有足够大的孔洞，大到可容DNA那般大小的分子进入。类似的，如果染色体结构单元内的组蛋白组合（8个组蛋白分子，每种组蛋白有2个）也是紧密包裹的复合物，那么与组蛋白在一起的DNA就只可能缠绕在复合物的表面；贯穿染色体的单根DNA长链要经过一组组蛋白

（或者一个结构单元）再到下一组。于是，染色体的面貌呈现为一连串小球形状的基本单元，很像一条线上彼此挨着的一串珠子。

想得到更完整的面貌，我们还需要知道尺寸，这一点根据已有的信息可以粗略估测。假设珠串对应了X射线衍射实验揭示的重复性结构，那么串珠球心之间的距离就可以依照X衍射数据设定为100埃。进一步可以假设，长长的珠串就是未凝缩的染色体在电子显微镜照片中可见的染色质丝。这些纤丝的粗细在不同的研究报道中为30～300埃，最常见的在100埃左右，可以被视为串珠的直径。

以上这些纯属猜测，属于朋友间说说无妨但不会正式对外讲的那种。可是，当我们意识到串珠结构可以解释休伊什和伯戈因的核酸酶消化实验时，事情就不一样了：串珠上的DNA和串珠之间不被绑定的DNA是间隔的，这可能就是核酸酶消化实验中出现规律条带的原因，因为没被绑定的DNA更有可能被切断。降解得到的片段可能是单个串珠DNA的整数倍。我们现在可以猜测，单个串珠上的DNA长度约为200个碱基对。直接预测片段大小给我们的"串珠模型"提出了第一个考验。

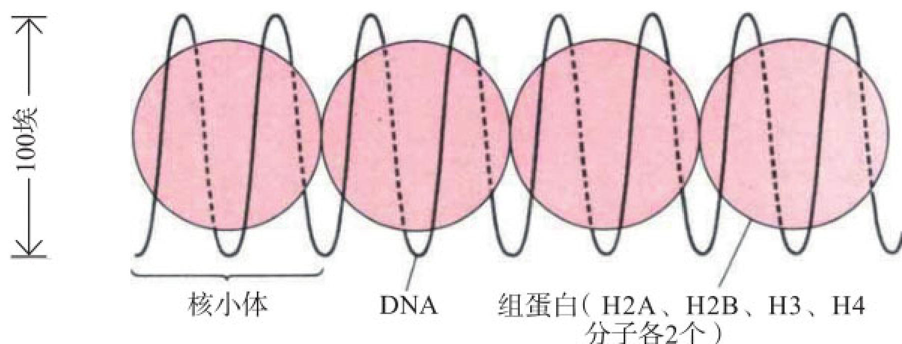
结果再无疑问。技术文献中已经有了提示。休伊什和伯戈因在他们的论文中引用过英国格拉斯哥大学的罗伯特·威廉森（Robert Williamson）在另一篇文章中观察到的相似的DNA片段图案。我们查阅了威廉森的结果，发现他记录到的DNA片段大约是200个碱基对的整数倍，这与我们根据串珠模型推测的片段大小一致，真是太好了。从这一刻起，我们的想法看起来已经正确无疑了。但要证明这一点却是另一回事。

威廉森测得的片段大小只是约数，他的DNA片段与休伊什和伯戈因实验中的片段有什么关系尚不清楚。因此，当务之急是要重复休伊什和伯戈因的实验并精确测算片段大小。我们决定尝试一种基于凝胶电泳的新测量方法，把未知大小的DNA片段与已知核苷酸序列（因此分子量已知）的标记物片段并排。当时刚加入我们的马库斯·诺尔完成了这个分析。他测得的前3个片段的长度分别是205、405和605个碱基对。如此一来，我们关心的片段大小问题就解决了。

另一项富有应用价值的发现是，并非只有大鼠肝细胞的核酸酶具有每隔200个碱基对切断染色质DNA的特性。这一发现要感谢美国国立关节炎、代谢和消化疾病研究所的加里·费尔森菲尔德（Gary Felsenfeld）和美国俄勒冈州立大学的肯萨尔·范霍尔德（Kensal E. van Holde）所做

的工作，当时他们正从事微球菌核酸酶消化染色质的研究，这种酶是从一种叫微球菌的细菌中纯化来的。经过微球菌核酸酶的长时间消化，约半数的DNA被完全降解，约半数的DNA受到保护未被降解，仍保留着100～175个碱基对的长度。未被降解的部分在离心时的沉降速度要快于同样长度但完全展开、没有结合组蛋白的DNA，由此可判断，受保护的部分保持着完整的颗粒形态。

我们想知道这些颗粒是否与我们认为的“串珠”相符，于是做了微球菌核酸酶消化染色质的实验，并用凝胶电泳分析DNA片段。经过短时间的消化，出现了之前在大鼠肝细胞核酸酶实验中看到的条带形状，同样以大约200个碱基对为单元大小，其他条带则是单元大小的整数倍；经过较长时间的消化，几乎所有DNA都被切成了单元大小（根据费尔森菲尔德和范霍尔德的报告，最终会被降解为更小的片段，这一点在后文还将详细说明）。这些实验表明，按一定长度的间隔沿着DNA切断染色质是由染色质的结构特性决定的，而不是某种特定的核酸酶造成的。（此外，由于微球菌核酸酶更容易买到，不像大鼠肝细胞酶只能在实验室提纯，用微球菌核酸酶大大方便了后续的实验。）



对于100埃宽的染色质纤丝结构，1974年提出的最初设想是，长度为200个碱基对的DNA片段接连盘绕在一串珠子上，珠子则是由4种组蛋白（H2A、H2B、H3、H4）每种各2个共同组成的八聚体。当时对组蛋白复合物的真实形状和DNA的绕法都还不清楚。

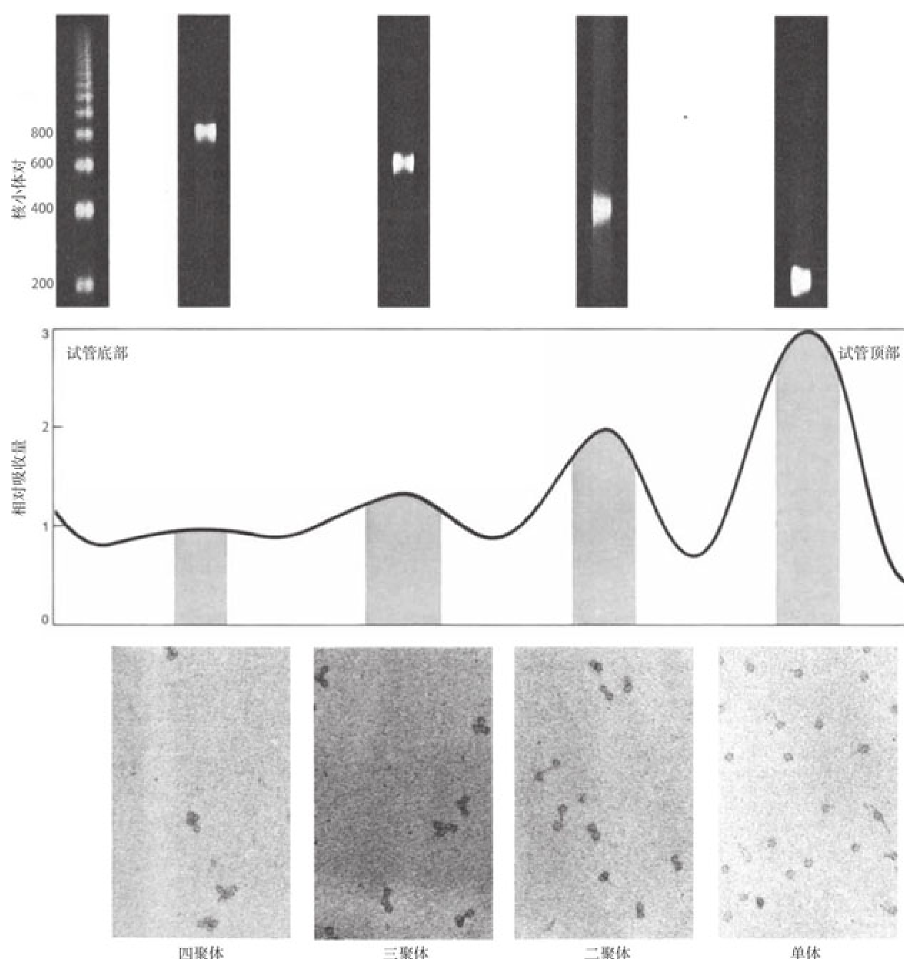


在田纳西大学橡树岭生物医学研究生院的埃达·奥林和唐纳德·奥林制备的电镜照片中，染色质纤丝显示出“串珠”形态。在奥林夫妇制备的这张显微图片上，鸡红细胞的细胞核内的染色质用醋酸铀进行负染，直径放大325,000倍。染色质在制备过程中被拉伸开来，增大了核小体之间的距离，因而可以更明显地看到核小体。

差不多与此同时，我们了解到另外一项完全独立的研究，由橡树岭国家实验室的埃达·奥林（Ada L. Olins）和唐纳德·奥林（Donald E.

Olins）夫妇、美国马萨诸塞大学的伍德科克（C. L. F. Woodcock）、法国斯特拉斯堡真核生物遗传分子实验室的皮埃尔·尚邦（Pierre Chambon）及其同事，以及斯坦福大学的杰克·格里菲思（Jack D. Griffith）完成。这几位研究者为用于电镜观察的染色质纤丝改进了制备方法，观察到了清晰的、有一定规律的亚结构。纤丝呈现为线性排列的珠状颗粒，颗粒直径约为100埃，由看似裸露的DNA细丝相连。奥林夫妇把他们观察到的东西描述为“线上的颗粒”。他们的观察结果把串珠模型变成了直观的现实。

当然，在电镜照片上看到的颗粒也有可能与组蛋白研究推断出的，以及核酸酶消化实验得到的200个碱基对长度的结构单元毫无关系，所以还需要确定电镜实验和生化实验的关联。最先找到这种关联的是尚邦小组，其次是我们实验室。我们用微球菌核酸酶消化染色质，控制消化的时间，使得200个碱基对长度的DNA单元之间有部分（并非全部）位点被切断，产生含单个单元（单体）、两个单元（二聚体）、三个单元的短链（三聚体）、四个单元的短链（四聚体）的混合物。混合物可以用离心的方法进行分离，因为二聚体沉降速率大于单体，三聚体沉降速率大于二聚体，以此类推。



这组实验的结果表明，用生化分析和电镜鉴定出的染色质化学亚单位和物理亚单位其实是同一种物质。用微球菌核酸酶轻微消解染色质得到的产物再以蔗糖密度梯度进行超离心分选，按不同大小分离出组蛋白–DNA复合物；用紫外线照射蔗糖密度梯度可以观察到4个吸收峰（中图）。从各个吸收峰抽提出DNA（阴影部分）分别加入不同泳道进行凝胶电泳（上图），同时用核酸酶降解后未经分选的DNA片段作为对照（上图最左侧）。各组分抽提出的DNA都形成了单根条带，长度分别对应于200个碱基对的基本单元及其二聚体、三聚体和四聚体（上图右侧）。用电镜分别观察各组分中的材料，在直径放大16万倍的图像（下图）中可以看到最轻的组分中有单个珠状单位（下图最右侧），重一级的组分中则有成对的珠子（二聚体），以此类推。

经过纯化后，再用DNA凝胶电泳的方法检测这些组分。每种组分都在凝胶中呈现为单根条带。其中，单体大小对应于200个碱基对的DNA单元长度，二聚体大小是单元长度的2倍，以此类推。而用电镜观察这几个组分，单体组分中只显示出离散的直径为100埃的颗粒，二聚体组

分中只有成对的颗粒，以此类推。如此完美的一一对应，证明了200个碱基对长度的单元就是电镜中看到的颗粒。而同时被电镜实验和微球菌核酸酶消化实验确认的重复性单元就是我们如今所知的核小体。

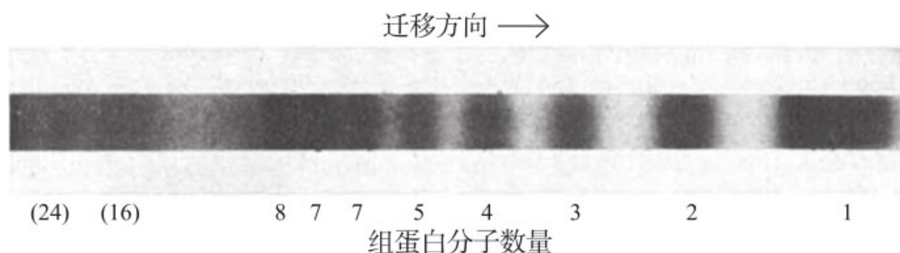
串珠模型中最后一部分需要可靠的实验支撑的是组蛋白之间的关系。化学交联技术再一次发挥了重要作用，但先前我们关注的是溶液中游离组蛋白之间的联系，这次我们的分析想要拓展到染色质中的组蛋白。为此，我们首先需要获得纯化的、可溶形式的染色质，做法是用微球菌核酸酶对细胞核稍加消化，释放出基本完整的长片段染色质。接下来遇到的难题是，染色质中的组蛋白在与亚胺酸酯试剂混合时没有游离的组蛋白那么活跃，因而发生的交联要少得多。后来托马斯改变实验条件增强了反应，将这一难点攻克，获得了非常显著的结果：在形成的所有交联产物中，最多到组蛋白八聚体，但没有超过八聚体的。此外，交联得到的八聚体的分子量与预计的一样，每组为H2A、H2B、H3、H4各2个。

当组蛋白和DNA之间的离子键在高浓度盐溶液中被打开时，组蛋白与DNA分离，我们获得了确实存在八聚体的真凭实据。分离的八聚体可以被完全交联，在电泳实验中产生单一的条带；在不发生交联的状态下也可以用离心沉降的方法证明八聚体的存在。最终，我们结合交联实验和核酸酶消化实验的结果证明了组蛋白八聚体与200个碱基对长度的DNA单元的关系。

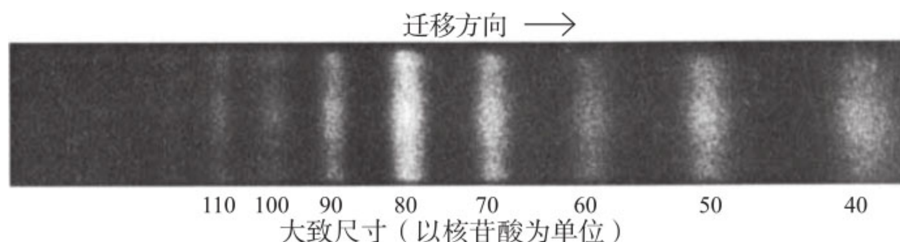
串珠模型为组蛋白–DNA问题提供了一种解答，但也留下了很多悬而未决的有趣问题。这个模型告诉我们有一种大小为100埃的珠状基本单元——核小体，但我们却不知道这个基本单元具体的形状和结构；它确认了基本单元中的组蛋白成分是由8个组蛋白分子形成的复合物，但没有明确说明这些分子的空间排列；最主要的是，它向我们说明了DNA是紧密折叠的，但怎么折叠却毫无线索。此外，还有第5种组蛋白H1，它位于哪里，起什么作用？

DNA肯定经过了折叠，这一点只要对比串珠直径（约100埃）和串珠上的DNA长度（约700埃）就不难推断。而这意味着DNA有急剧的弯折或紧密的卷曲，而另一方面，众所周知，DNA分子是僵硬的，这两点要同时满足非常困难。组蛋白如何介导DNA的弯曲缠绕成了一个令人着迷却又无计可施的问题，关于其机制有很多设想被提出——什么样的设想都有，就是没有正确的。

于是，关注点从找出组蛋白在DNA折叠中所起的作用转变为确定DNA的排布走向，实验方法也随之从生物化学转为X射线晶体学。即使缺少晶体学证据，我们对于DNA的走向也有一点是已经明确的：DNA一定在组蛋白的外周。染色质消化实验可以最为直观地表明这一事实，但不是用微球菌核酸酶，而是用胰DNA酶I——微球菌核酸酶不能在固体表面有效剪切DNA，因而主要是在核小体之间切断DNA，而胰DNA酶I可以轻松地将固体支撑物上的双螺旋中的一条链切开。



用交联试剂处理染色质，得到的交联产物通过电泳分离。电泳结果显示，条带包括组蛋白单体（1），也有形成八聚体（8）的所有中间交联产物。（这种凝胶不能区分不同类型的组蛋白。）结果表明，组蛋白分子具有很强的8个一组的结合特性。凝胶顶端的微弱条带很有可能是基本八聚体所形成的二聚体和三聚体。



用胰DNA酶I（取代微球菌核酸酶）处理染色质得到的单链DNA片段，经过凝胶电泳的分离，形成离散的条带，其位置对应于约10个核苷酸的整数倍。这种酶被认为只能切断DNA双螺旋（每圈约10个核苷酸）的一侧，另一侧受到了核小体组蛋白核心的保护。换句话说，本实验中显示的DNA是在核小体表面缠绕组蛋白的DNA。

我们实验室的诺尔得到了初步结果，DNA酶I剪切产生的单链片段在电泳实验中表现出了比微球菌核酸酶消化产物更为精细而且是重复排列的条带式样。一系列电泳条带对应的DNA大小大约是10个核苷酸的整数倍。（后来显示是10.4个核苷酸的倍数。）对这个结果最简单的解释是，每一次剪切都受限于DNA的一侧（组蛋白的存在阻碍了酶与DNA另一侧的接近），因而DNA的两条链随着双螺旋的周期排列而被交替地暴

露和保护，每圈大约10个核苷酸。换言之，如果DNA位于核小体的表面并缠绕在组蛋白外面，就可以解释胰DNA酶I的消化结果了。

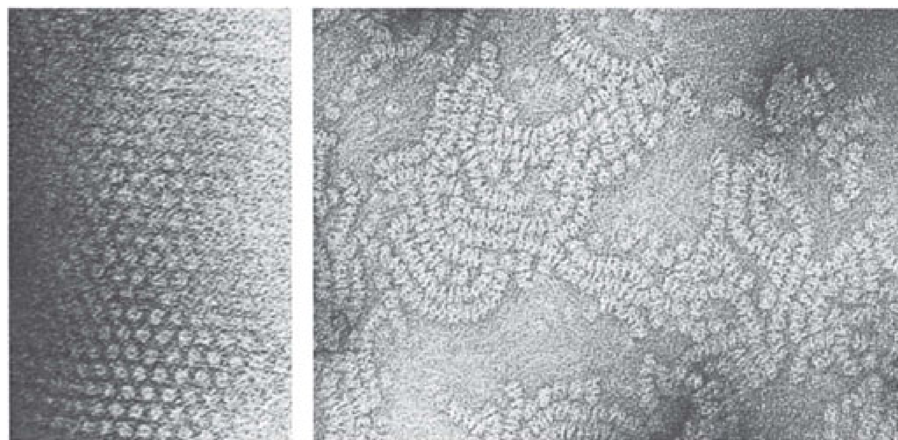
我们先前基于组蛋白形成紧密包裹的球状复合物这一观点提出过一个设想：不是组蛋白包裹着DNA，而是DNA包裹着组蛋白。更确切的说法应该是：基本的染色质纤丝是一根线绕在珠子上，而不是珠子串在线上。上述实验结果支持了我们的设想。约翰·帕尔东（John F. Pardon）和布赖恩·理查兹（Brian M. Richards），以及他们在西尔研究实验室的同事所完成的中子散射实验提供了一个完全不同类型的证据，支持DNA位于核小体外侧。后来这个证据又得到朴次茅斯理工学院莫顿·布拉德伯里（Morton Bradbury）课题组的进一步确证。他们的工作表明，DNA要比蛋白质距离核小体中心更远。

在溶解条件下，用核酸酶消化和X射线散射等方法可以揭示核小体的特定性质，然而要全面描述其结构只能借助晶体学的分析，因为晶体学可以提供完整的三维结构信息。于是我们在1975年夏天着手准备适合结晶的核小体。

从微球菌核酸酶消化产物中纯化得到的核小体并不都含有正好200个碱基对的DNA，因此这些核小体无法结晶。（因为核酸酶在核小体之间的剪切并不是发生在某个单一的位点，而是在DNA上某一段距离范围内，所以存在大小上的差异。）在核小体之间的剪切结束之后再用微球菌核酸酶进一步消化，可以消除大小不等的现象。进一步的消化去除了核小体两端的DNA，统一得到了DNA长度固定的颗粒：约146对核苷酸。核小体经过酶处理而缩短的形式被称为核小体核心颗粒；先前连接2个核小体但在延长的消化过程中被去除的DNA则被称为接头DNA。

收集到的核心颗粒具有均一性，不仅体现在消化后剩余的DNA大小一致，还体现在其蛋白质成分都一样。每个核心颗粒都含有全部的8个组蛋白分子（H2A、H2B、H3、H4各2个分子），也都丢失了染色质中的几乎所有其他组分，包括至关重要的第5种组蛋白H1。最终，我们的同事伦纳德·卢特尔（Leonard C. Lutter）设法制备出了完全一样的核小体核心，而这些产物最后形成了漂亮的单晶。我们实验室的丹妮拉·罗兹（Daniela Rhodes）、蕾·布朗（Ray Brown）和芭芭拉·拉什顿（Barbara Rushton）用了好几年时间从7种不同种属的生物中获取核小体核心颗粒并长出晶体。得到的这些晶体全部产生了十分相似的X射线衍射图样，证明核小体核心颗粒具有普遍特征。晶体学实验的成功确实

说明，染色体上的绝大多数核小体具有相同的结构。20世纪70年代，人们还普遍认为是组蛋白水平上的变化造成了染色体结构多样性和基因表达多样性，那时几乎没有人会相信染色体中的大部分DNA具有规律的重复性结构。

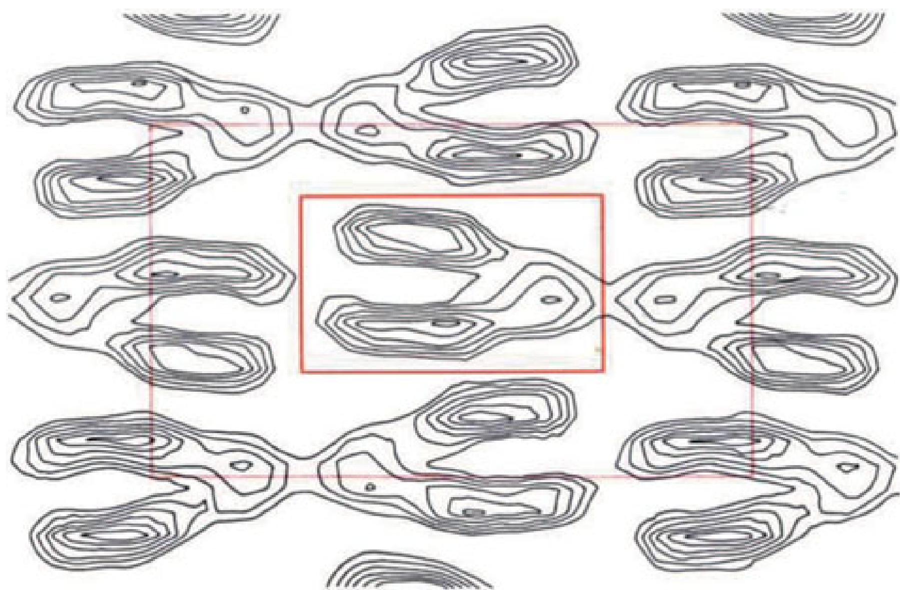


核小体核心颗粒在大小和组分上具有均一性，可以生长出良好的晶体。在这些电镜照片上，薄晶体中的核心颗粒被放大约425,000倍，用醋酸铀进行负染。核小体核心的端视图（左图）显示，它们呈六角形排列；中心之间的距离（即核心颗粒外径）为110埃。正在生长的晶体中可以看到核心颗粒堆叠柱的侧面（右图）。核心的外观是扁平的盘子状，具有二分对称性，高约55埃。它们是楔形的，因而会堆叠成有弧度的长柱。

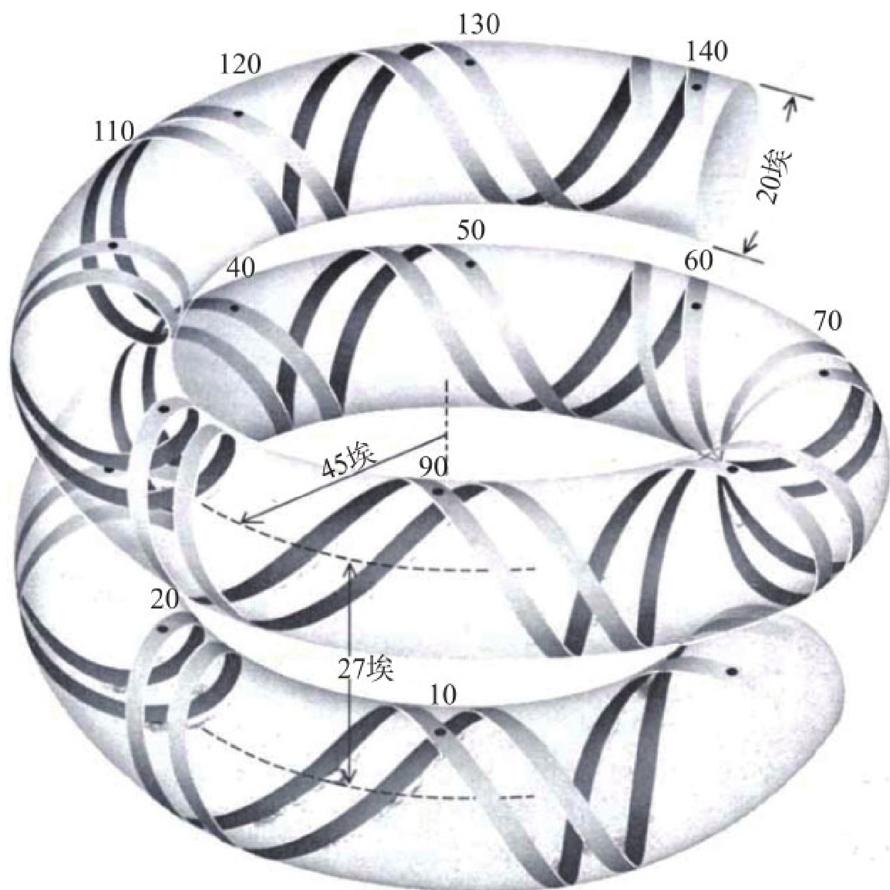
推断大分子晶体的三维结构是个耗时长久的过程，因此我们结合X射线衍射和电镜的方法，专注于获取低分辨率的核小体核心颗粒图。这样做可以让我们把握核心颗粒的整体结构，从而为一个重要的问题提供答案：DNA在核小体中如何卷曲？

在核小体核心颗粒薄晶体的电镜照片中，某一方向的视图显示出了以六角形排列的圆形物，圆形物直径为110埃，刚好是核小体的尺寸。之所以有这样的外观，是因为核小体核心颗粒堆叠后形成柱子。柱子直径可以用X射线精确测量，从而让我们知道了核小体的外径。电镜照片中晶体另一方向的视图（与前一张呈90度）按理说可以显示柱形的侧面，但由于多根柱子重叠，单根柱子和单个核小体核心颗粒难以看清。正在生长、还未重叠多层的晶体最适合用于观察单根柱子。从侧面可以看到核心颗粒像盘子一样堆叠起来，每个高度大约55埃。柱子起伏不平，说明这些盘状颗粒并不平坦；它们是楔形的，如同拱门拱顶石的形

状。也就是说，核小体核心并不是圆球状，更像一个个矮矮的圆桶，其直径约为110埃，高为55埃。



结合X射线衍射数据和电镜结果得到的核心颗粒堆叠柱侧面电子密度图。图中所示是该视图的总密度投影图。浅色矩形框出的是晶体的晶胞，也就是重复单元。图谱分辨率可以解析20埃以上的元素。图中每个颗粒（深色矩形）的密度大致可分为两半，呈现楔形。



决定核小体核心为二分对称的是DNA的走向。DNA走向为外直径110埃、螺距27埃的DNA超螺旋，DNA双螺旋本身直径为20埃，各圈相当紧凑。超螺旋每圈大约80个碱基对；核小体经过酶切后得到的核小体核心包含140个碱基对，DNA超螺旋在上面缠绕了1.75圈。

为了从电镜照片中获得更多细节信息，有必要做晶体的X射线衍射实验，并辅以我们实验室过去15年里开发出的多种图像处理和三维重构技术。这些措施都是利用晶体的重复性来展现颗粒反复出现的真实特征；显微照片中的“噪声”和核小体叠加时的差异通过颗粒的分布进行平均。电镜实验时颗粒的制备和染色过程会使单个颗粒发生结构变形，这可以通过晶体X射线衍射的数据来消除。因此，X射线和电镜结合可以得到晶体电子密度的等高线图谱。一般在用X射线晶体学研究较小的蛋白质时会用到这种图谱，但这里我们借助了电镜来研究更大、更复杂的晶体结构。

我们用这种方法获得了晶体在三个方向上的视图，或者说是沿着晶

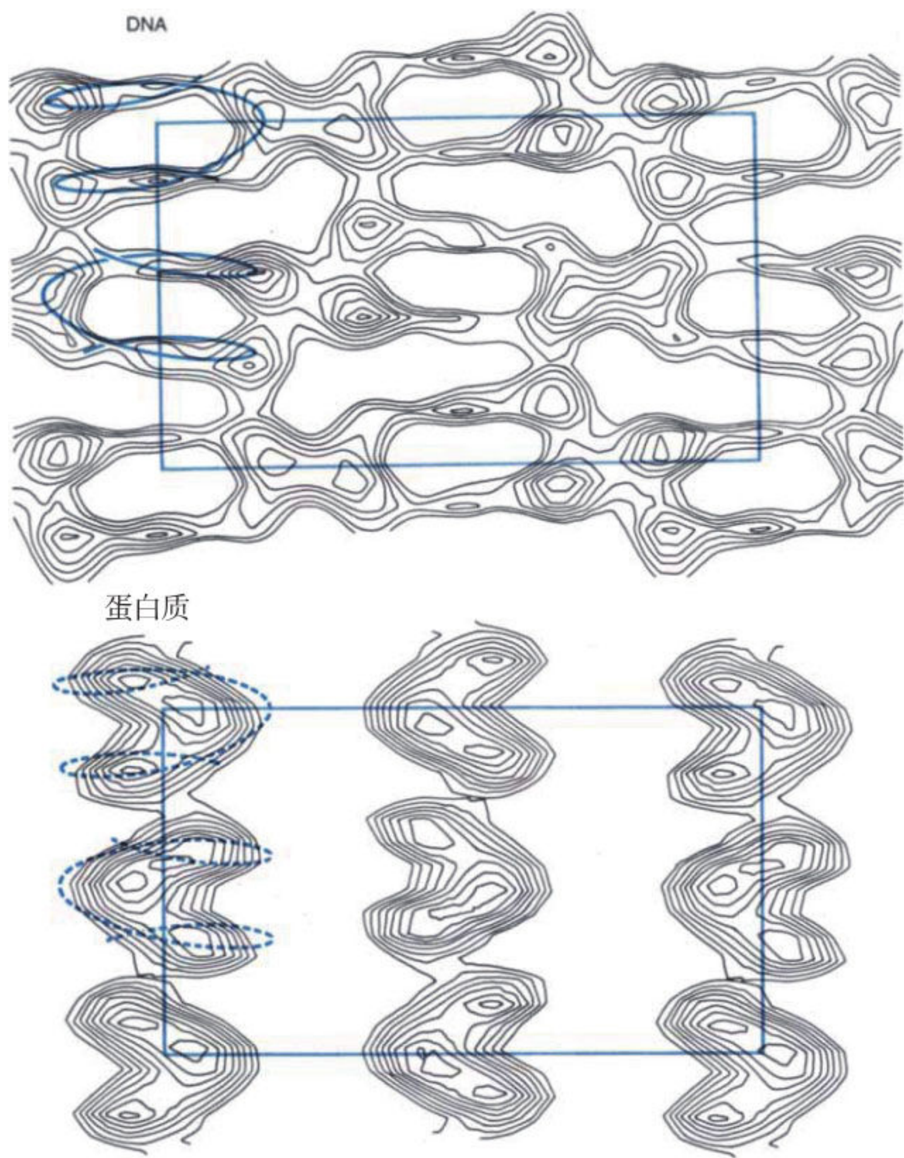
体的三个主轴方向的电子密度分布图。其中最有价值的是垂直于核心颗粒柱的方向，这个方向柱子的重合最少（见第148页第一张图），可以明显看到核小体核心颗粒呈现楔形，并且电子密度呈现出大致对称的两半（与投射平面附近的二重对称轴相符）。

要实现这种二分对称结构，最简单的DNA排布方式是由DNA双螺旋卷曲成更大的螺旋——超螺旋，超螺旋在核心颗粒中央绕着组蛋白缠2圈。超螺旋的这2圈显然很紧凑，因为核心颗粒的高度只有55埃，而DNA双螺旋的直径大约20埃。从DNA双螺旋的结构以及核心颗粒的直径可以计算出，2圈超螺旋应该是大约160个碱基对。可是，核心颗粒上的DNA长度只有146个碱基对，只够1.75圈。由于比2圈略短，核心颗粒的一侧就会小一些，呈现楔形的一部分原因也在于此。

上述图谱的分辨率仅为22埃，也就是说，距离远小于22埃的两个特征就很难区分了。只有通过更复杂的所谓“同晶置换”的方法，才能获得更高的分辨率。为此我们实验室正在努力尝试。此外，我们的首批结果显示的是核小体的总体密度，并不能区分DNA的密度和蛋白质的密度。为了区分蛋白质和DNA各自的贡献，我们转而求助于低分辨率的中子散射技术，采用对比变异法。这种方法已应用于密度不同的双组分大分子溶液，例如病毒（含有核酸和蛋白质）或细胞膜（含有蛋白质和脂质）。该技术的基本原理是，让溶剂的密度和其中一种组分的密度相同，因而观察到的就只是另一种组分的散射。以不同比例混合普通水和重水（水分子中的氢原子换成同位素氘原子）可以调节溶剂的密度。当溶剂中有39%的重水时，溶剂的散射与蛋白质的散射相同，实际上“看到”的中子只有DNA的；有65%的重水时，DNA的散射和溶剂的散射一致，观察到的散射仅来自蛋白质。

之前已经有人把这种对比变异法应用于核小体核心颗粒溶液，前文已经提到。但是，由于核心颗粒在溶液中方向随机，因而只能获得一个维度上的信息。而我们采用中子散射技术研究核小体核心颗粒用到的是晶体，所以可以在三个维度上测定蛋白质和DNA的关系。中子散射能力弱，需要大块单晶。生长晶体的工作在我们实验室完成，之后的实验则交给了芬奇和劳厄–朗之万研究所（位于法国格勒诺布尔）的格雷厄姆·本特利（Graham Bentley）和阿妮塔·勒维（Anita Lewit）等人。他们获得了DNA和蛋白质各自的投影图（见第150页图）。其中，DNA的图谱让我们肯定了之前基于电镜和X射线分析对DNA走向所下的结论；蛋

白质的谱图显示，组蛋白八聚体本身为楔形，说明正如之前的预测，组蛋白形成了供DNA缠绕的螺旋坡道。



中子散射图分别显示了核小体核心晶体中的DNA密度（上图）和蛋白质密度（下图）。其中，DNA密度符合DNA超螺旋1.75圈的投影（深色）。DNA超螺旋（虚线）也与蛋白质（组蛋白八聚体）外围正好匹配。

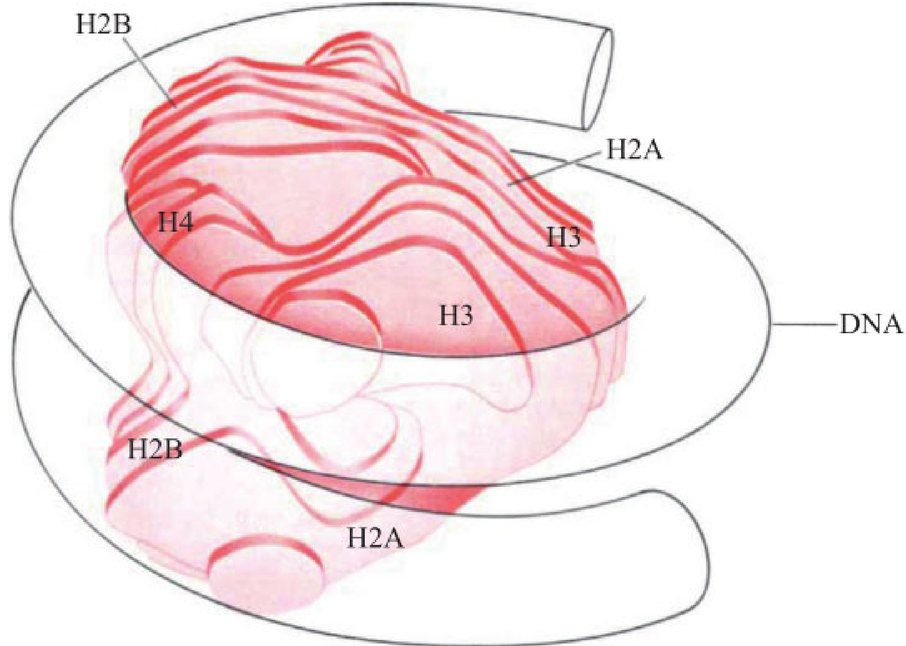
可以区分中子衍射结果中DNA和蛋白质各自贡献的另一种方法是用物理手段去除核小体中的DNA，然后直接研究组蛋白八聚体。八聚体可

以在高浓度盐溶液中分离出来并保持稳定，这一点前文已有描述。我们正在尝试将分离出的八聚体进行结晶，以求得到完整的结构。这番尝试在本文刊发时还未成功，然而在此过程中我们获得了非常规律的纤丝。我们用电镜检查了这些有序的聚合物，并做了图像处理，方法与前面所述的核小体核心晶体基本一样。由于这些聚合物特有的几何特征，一张图像上包含了各个角度的八聚体视图。这些视图可以用一种新方法进行综合，从一系列二维投影图推断出三维结构图。这种方法是1968年由戴维·德罗西（David J. DeRosie）和我们两位作者之一克卢格发展出来的。

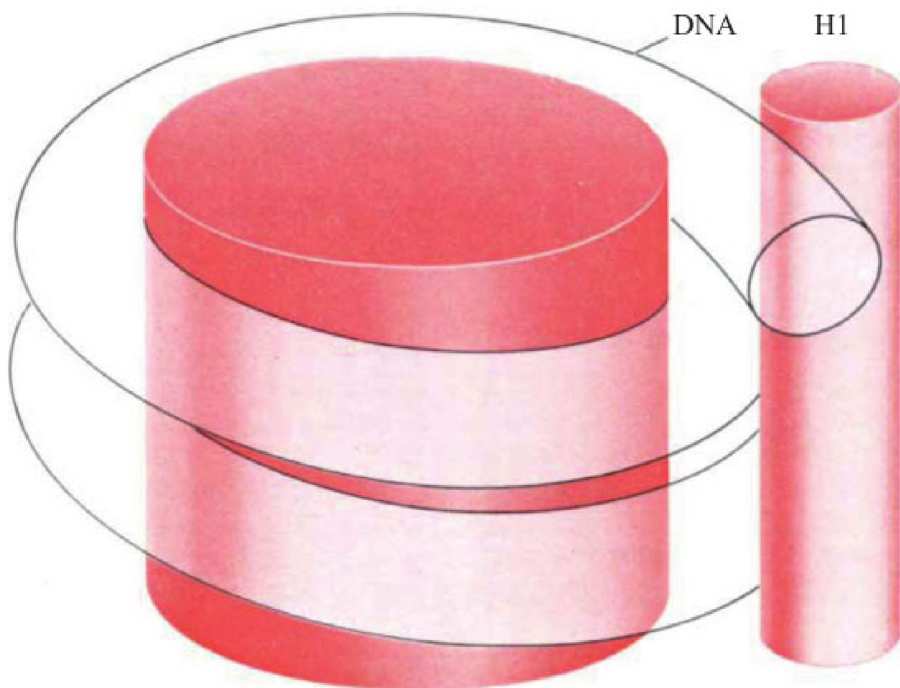
八聚体的结构以三维立体形式体现出了之前在X射线和中子衍射实验中观察到的核小体核心颗粒的各种投影，尤其是其楔形和二分对称的特征。结构外形显示，正是组蛋白八聚体限定了DNA沿着前面所述的超螺旋路径排布；也正是八聚体决定了核小体的组织结构。

由于八聚体结构图分辨率太低，其中的单个组蛋白分子无法分辨。但我们可以通过八聚体和DNA超螺旋的关系来从单个组蛋白角度理解八聚体结构图。这里用到了组蛋白–组蛋白的交联结果，也用到了组蛋白–DNA化学交联的实验结果，实验由莫斯科分子生物学研究所的安德烈·米尔扎别科夫（Andrei D. Mirzabekov）等人完成。他们找到了DNA超螺旋分别与4种组蛋白相互作用的特异性位点。我们在核小体模型中沿着DNA走向确定这些位点在八聚体结构上哪个区域，最终排定了8个组蛋白分子的三维位置。

根据立体空间分布，可以推断各个组蛋白对于核小体DNA折叠起何作用。其中，$(H3)_2(H4)_2$四聚体限定了DNA超螺旋的中央圈；2个(H2A)(H2B)二聚体分别结合在四聚体两侧的两个面上，并分别与DNA连接，使超螺旋变得完整。这样的结构可以解释之前很多研究者发现的一个现象：仅仅有H3、H4而缺少H2A、H2B时，能和DNA形成类似核小体的特征，但仅有H2A和H2B时则不能。



核小体核心模型，管状物模拟的是DNA超螺旋，缠绕在组蛋白八聚体模型上。组蛋白八聚体模型根据从电镜图片推断出的三维立体图谱构建。八聚体外周的棱脊形成了大致连续的螺旋坡道，供长度为146个碱基对的DNA盘绕。各个组蛋白分子所处的位置（该分辨率不能确定组蛋白分子的界线）则是基于化学交联数据设定。



第5种组蛋白H1的作用要用完整的核小体模型而不是核心颗粒模型说明。DNA超螺旋在组蛋白八聚体（图中以圆柱体表示）上缠绕整整2圈（166个碱基对）。H1分子（实际形状在本文刊发时还未知）在DNA进出核小体的位置与核心颗粒结合，起到“锁”住整个核小体的实际作用。

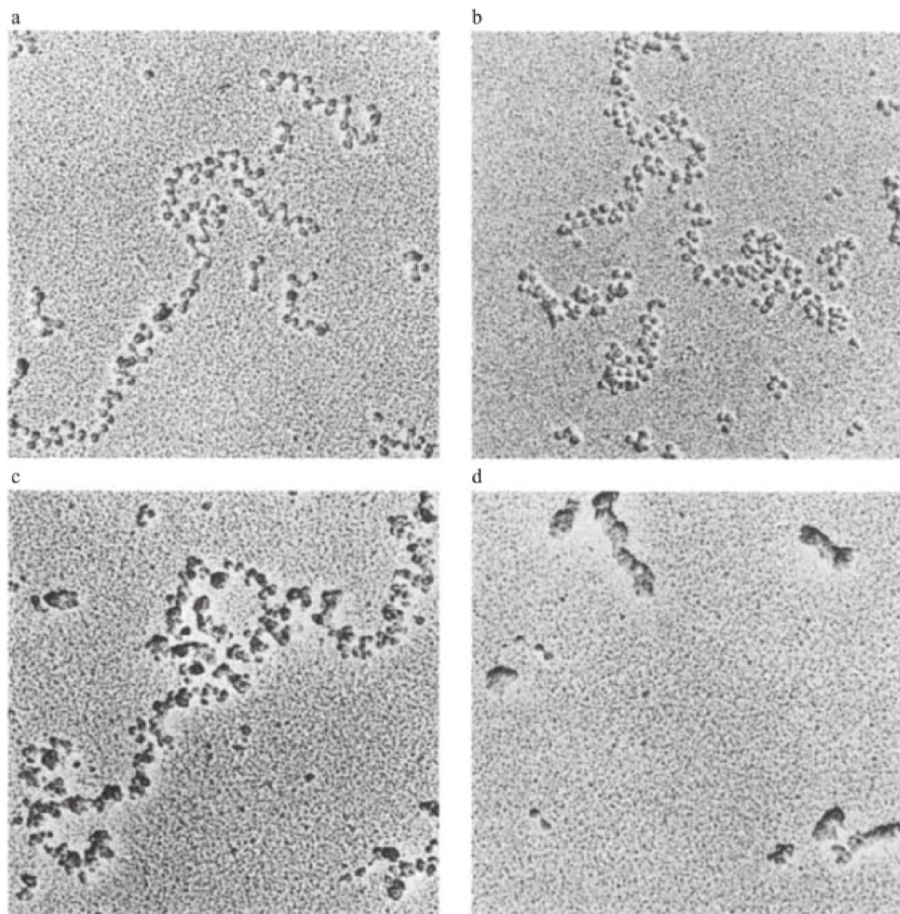
以上结果较为详细地勾勒出了核小体的内部结构，然而在核小体长链上，也就是基本的染色质纤丝上，相邻核小体之间是什么样的关系仍然没有明确的图景。为了解相邻核小体的关系，有必要再次思考微球菌核酸酶消化染色质的结果。如前所述，在核小体之间已经被切断之后再用微球菌核酸酶进行消化，会有额外的DNA被去除，核小体会转变为核心颗粒。我们在仔细考察这一变化过程时，注意到了在DNA长度为166个碱基对的中间步骤中的一个间歇；组蛋白H1是在从这个中间步骤到最终146个碱基对的核小体核心颗粒的过程中掉落的。既然核小体核心颗粒由对称的两半组成，可以推断在从166个碱基对到146个碱基对的转变过程中，核小体DNA两端各被去掉了10个碱基对。这提示了H1是和核小体DNA两端相连的。此外，166个碱基对的颗粒包含了完整的2圈DNA超螺旋，因而DNA的两端其实距离非常近，对于单个H1分子来说，有可能同时与盘绕了2圈的DNA的两端相结合。我们因此推断，H1的位置在核小体侧面，DNA超螺旋的进出端。

H1位于核小体的外侧，对于DNA在核心颗粒上的缠绕不起关键作用，从这个意义上来讲，H1显然属于辅助蛋白。H1的功能只能是和染色质纤丝的进一步浓缩有关。过去几年，一直有人猜测H1与染色质的浓缩有某种关系，然而H1在什么水平上执行这一功能却不清楚。威斯康星大学的汉斯·里斯（Hans Ris）之前发现，电镜观察完整的染色质时可以看到两种直径的细丝，一种100埃，另一种300埃，具体哪种则取决于预备材料中是否有螯合剂（隔绝金属离子的试剂）。对于直径为300埃的纤丝是什么，出现了不同的解释。有人认为是单根100埃的纤丝缠绕起来的结果，有人认为是两根100埃的纤丝松散地并排在一起。

为了澄清这一点，我们设法找到了让两种纤丝相互转换的条件。在转换发生时，在电镜下可以观察到100埃纤丝自发卷曲成直径300埃的螺旋形，每圈包含5～6个核小体，并且各圈挨得很近，螺距（相邻圈的中心间距）大约为100埃。我们把这种300埃的结构称为螺线管。（同时进行的X射线实验表明，正是螺线管的螺距产生了特征性的100埃的X射线反射，而不是染色质丝上相邻核小体的中心间距。）我们的结果还表

明，在100埃的纤丝形成300埃的螺线管的过程中，组蛋白H1介导了纤丝的折叠：如果用不含H1的染色质重复实验，并不会形成纤丝走向明确的有序结构，只会出现无规则的核小体聚集。螺线管尽管有序，但未必是完全规则的，因为在染色质进一步浓缩时它很有可能还需要以某种方式折叠卷曲。

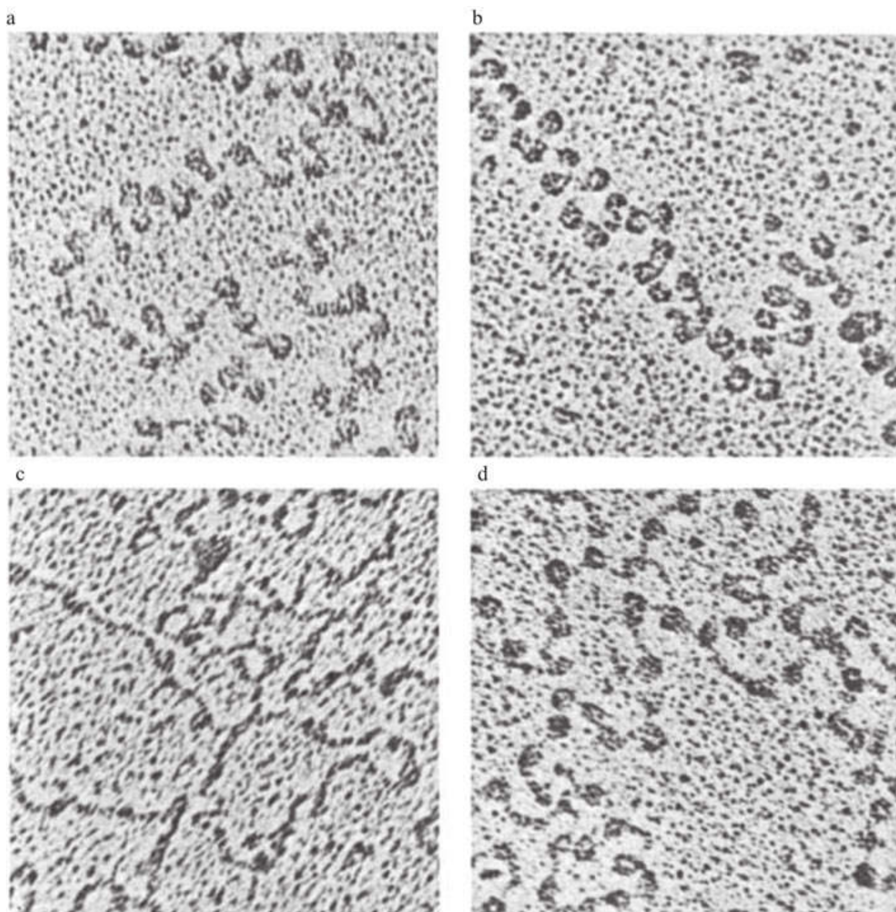
瑞士联邦理工学院的弗里茨·托马（Fritz Thoma）和西奥·科勒（Theo Koller）用更精细的实验得出了类似的结果。他们发现，只有在离子强度非常低时才会出现简单的100埃纤丝，此时染色质处于最舒展的形态，核小体松散地线性排列成一条线。随着离子强度增大，纤丝从松散的核小体丝变成了Z形结构，最终变成螺线管。这些实验让我们对H1分子如何介导100埃的核小体丝卷曲成300埃纤丝有了一个特别的设想。



瑞士联邦理工学院的弗里茨·托马和西奥·科勒用电镜照片证实了染色质随盐浓度增加而浓缩。当盐浓度非常低时（图a），染色质形成了直径大约100埃的松散纤丝：核小体之间由DNA短片段相连。随着盐浓度增大，离子强度接近正常生理条件时（图d），染色质形成了直径约250～350埃的较粗纤丝。这种“螺线管”染色质的形成可以通过离子强度逐渐增强时（图b，图c）观察染色质来推断。在最初形成时，核小体长丝有轻微的卷曲。图中染色质的放大倍数为8,000倍。

之所以会出现Z形扭曲的中间状态，是因为DNA在核小体同一侧紧挨着的位置进出核小体，而这个位置就是H1结合的位点，并且在中间状态时相邻核小体的H1区域会相互靠拢，甚至相接。随着离子强度增大，H1区域会形成螺旋形的多聚体，最后产生螺线管的几何形态。化学交联实验显示，H1多聚体确实存在；但其作用是否与假设一致尚待验证。重点在于，H1的聚集伴随着，或许还控制着螺线管的形成。

对300埃纤丝的形成模式所提出的假设，可以说是我们基于现有事实所能取得的最大进展。要评估我们现在对染色体中DNA的浓缩有多深的理解，可以定量测量压缩包装比，即DNA处于完全伸展状态的长度和达到某个浓缩程度时折叠卷曲状态的长度之比。例如，在核小体上缠绕2圈时的DNA是166个碱基对，长度大约600埃，螺旋高度55埃，压缩包装比接近于10。这条长链进一步卷曲，形成300埃的螺线管，此时压缩包装比乘以5左右的系数，总比变成了50左右。而在细胞分裂时，染色质浓缩程度达到最高，压缩包装比则达到了5,000——大了100倍。当然也可以用其他模型，比如300埃的纤丝进一步卷曲或成环来解释如此高度浓缩的形式如何形成。但到目前为止，没有明确的证据支持其他任何一种合理的模型。



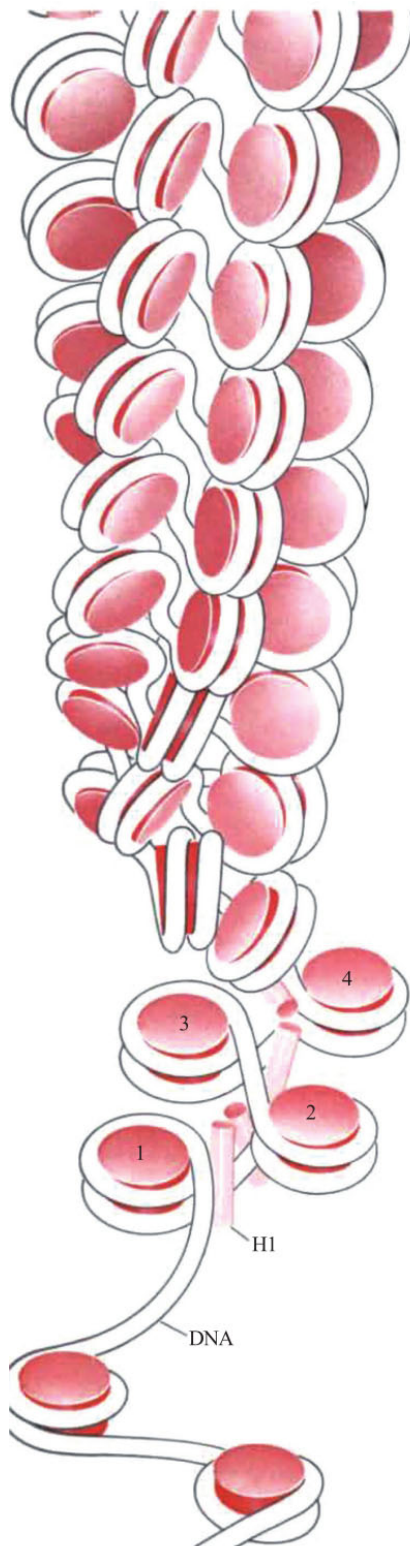
组蛋白H1在染色质结构中的定位和功能可以通过比较中等离子强度下染色质纤丝在有无H1时的形态来推断。有H1时，低盐浓度中首先可见的有序结构是松散的Z形扭曲（图a），这是因为核小体上DNA的进出端靠得很近，也是因为核小体倾向把它们的扁平面放在支撑网格上。浓度提高后（图b），Z形扭曲变得更紧。而没有H1时（图c、图d），未观察到染色质出现有序结构；实际上，低盐浓度时（图c），核小体打开，释放出连缀着组蛋白的DNA细索。这些现象说明，H1位于核小体的一侧，起着稳定DNA的作用。图片的放大倍数约为20万倍。

现在我们已经知道了细胞核内广泛分布、含量丰富的组蛋白如何组成染色体结构基本单元的核心，这就把DNA浓缩的问题从如何包装坚韧线状物（DNA分子）的难解之谜转变为了更直接的问题：如何在卷轴上绕线并把相同的线轴打包。

组蛋白并不直接参与遗传信息的表达，但它们可以在染色体上的基因转变为活性状态时促进染色体的结构变化，而染色体结构变化关系到基因的选择性表达。尽管我们目前对基因如何转变为活性状态还知之甚

少，但现在有一点已经变得明确，那就是活性染色质上仍然连着组蛋白；更令人惊讶的是，上面还保持着核小体的周期性重复结构。好几个实验室的结果提示，活性染色质除了包含组蛋白外还包含着一些特定的非组蛋白，它们也许会调节核小体结构使之变成某种开放状态。证据之一是，活性染色质对DNA酶I之类的核酸酶更敏感。这是一个新的篇章，我们现在还刚刚开始。

在本文刊发的这个时刻，我们如同坐在漆黑的剧院，刚看到第一幕，看到主角们——DNA和组蛋白的相互关系。然而演员还没有全部登场，谁也不知道剧情会如何展开。


4
3
2
1
H1
DNA

如图所示，随着盐浓度增大（从下到上），可能会有超螺旋结构产生。核小体（1、2、3、4）靠拢，形成Z形扭曲，最终形成每圈约6个核小体的螺线管。（实际螺旋可能没有图中画得这么规律。）从交联数据来看，相邻核小体上的H1分子会相接。从Z型外推到螺线管意味着（未经证明）在较高离子强度时H1的聚集会在螺线管中心产生螺旋形的H1多聚体（图中未显示）。在缺少H1时（图下方），没有形成有序结构。此时H1聚合的细节还不知道；示意图只是表示了H1分子会彼此相连，也会和接头DNA相连。

窥见蛋白质真相

通过计算机模拟，我们发现了水对蛋白质等生物分子的影响，深入研究这种在结构和动力学上的影响，可以进一步揭示蛋白质分子是如何发挥作用的。

撰文／马克·格斯坦（Mark Gerstein）
迈克尔·莱维特（Michael Levitt）
翻译／张哲



本文作者之一迈克尔·莱维特因在开发复杂化学体系的多尺度模型方面所做的贡献，获得2013年诺贝尔化学奖。本文刊发于《科学美国人》1998年第11期。



牛胰蛋白酶抑制剂结构相对简单，是计算化学家常用的“实验室大鼠”。这张图就是牛胰蛋白酶抑制剂的分子动力学模型，它被水分子（绿色和白色小球）包围。尽管加入水分子会大幅增加产生蛋白质模型所需的计算量，但想要了解生物分子在细胞的水溶液环境中的作用过程，就必须这么做。

马克·格斯坦和迈克尔·莱维特自1993年开始合作。当时格斯坦在斯坦福大学结构生物学系做博士后，莱维特是该系的系主任。莱维特1971年博士毕业于剑桥大学。他曾在剑桥大学的分子生物实验室、美国索尔克生物研究所以及以色列魏茨曼科学研究所从事研究。除了经常为制药公司做咨询外，莱维特也在美国加利福尼亚州的帕洛阿尔托创立了生物技术公司——分子应用集团。格斯坦1993年博士毕业于剑桥大学，撰写本文时是耶鲁大学的助理教授。

在世界上大多数地方，水都很便宜，甚至可以说是免费的。但在1986年夏天，本文作者之一莱维特却在连针头都弄不湿的那么一点水上花费了50万美元。这笔钱并不是用来购买这些少得可怜的水，而是花在了租用当时最先进的超级计算机上。要想构建一个模型来研究水如何影响蛋白质的结构和运动，超级计算机必不可少。

计算机模拟的蛋白质是牛胰腺分泌的牛胰蛋白酶抑制剂（BPTI）。BPTI是计算机模拟中人们最喜欢用的对象，因为它相对较小，研究起来比较容易。1977年，哈佛大学的马丁·卡普拉斯（Martin Karplus，与莱维特一起获得了2013年诺贝尔化学奖）和同事就曾模拟过这种蛋白质，不过模拟的是它“在真空中”，并没有与任何其他分子发生作用时的状态。此前，还没有人观察过BPTI与其他分子发生相互作用的样子。现在，我们要模拟的是，当BPTI周围有数以千计的水分子时，它会是什么样子，就像它在活细胞中一样。

事实证明，这50万美元花得很值，莱维特和同事露丝·莎伦（Ruth Sharon）不仅发现了蛋白质在真实世界中的结构和行为——这是之前的BPTI真空模型难以预测的，还为计算化学家模拟自然情况下水对生物分子结构的影响奠定了基础。

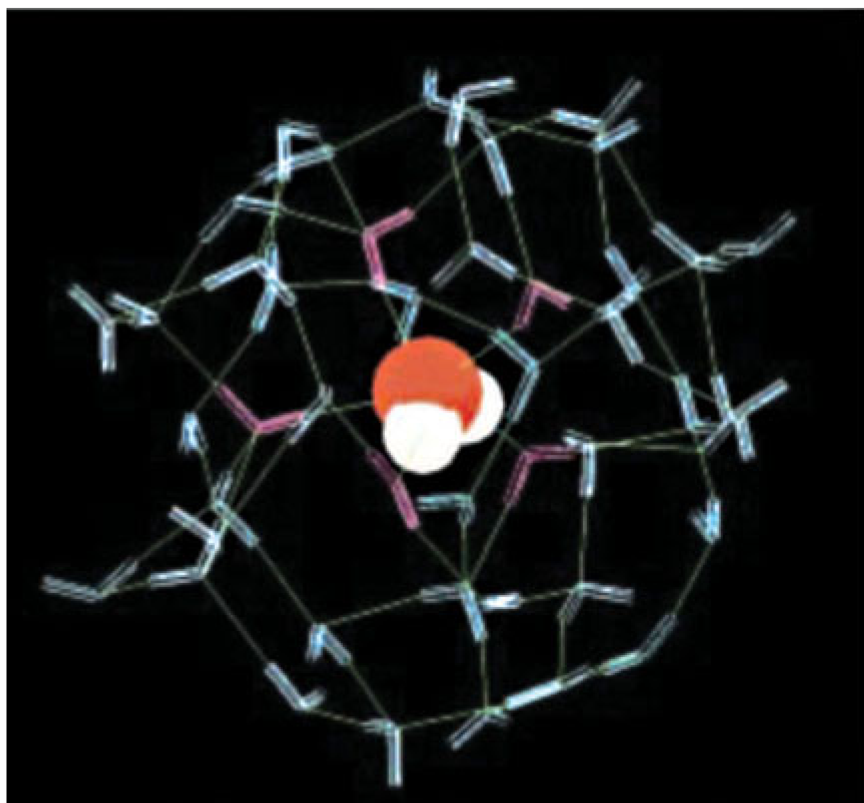
20世纪90年代末，由于计算机技术的快速进步，我们用台式电脑就能在几天内模拟出像BPTI这样的蛋白质在水中的形态，需要消耗的不过是80美分的电费。到本文刊发时，科学家已经模拟了50余种蛋白质和核酸（如DNA）在水中的结构。

弄清楚水对生物分子形状的影响为什么如此重要？理论上，分子的结构能反映它的功能，清楚地认识结构就能帮助科学家破译产生生命的生化作用；从更加实际的角度来说，了解生物分子在水中的结构或许能帮助研究人员设计出新的药物。有朝一日，科学家可能会通过增强或减弱某些生化通路来治疗疾病。

水的微观结构

要想理解水是如何影响生物分子的结构，我们首先需要理解水分子本身的特性。这些特性源于水本身的结构，以及这些结构如何对其他分子的电荷分布产生“影响”。

单个水分子（H_2O）为四面体构型，氧原子位于四面体的中心，2个氢原子占据4个角中的2个，而负电荷电子云在另外2个角上。负电荷电子云的形成源于氢和氧的原子结构组合的方式。简单来说，有8个带负电荷的电子围绕着带正电荷的氧原子的原子核：其中2个电子在内层轨道，而另外6个电子在外层轨道。内层轨道最多只能容纳2个电子就已经填满了，但是外层轨道最多可以容纳8个电子。氢原子只有1个电子。因此当1个氧原子与2个氢原子结合时，氧原子会吸引氢原子中的电子，试图填充自己的外层轨道。由于氢原子的电子大多数时间围绕氧原子而非自身原子核运动，因此水分子是极性的：水分子中，在氧原子附近有2团略带负电荷的电子云，而2个氢原子则各自带一些正电荷。这两种电荷会彼此抵消，总体上，水分子就会呈现出电中性。

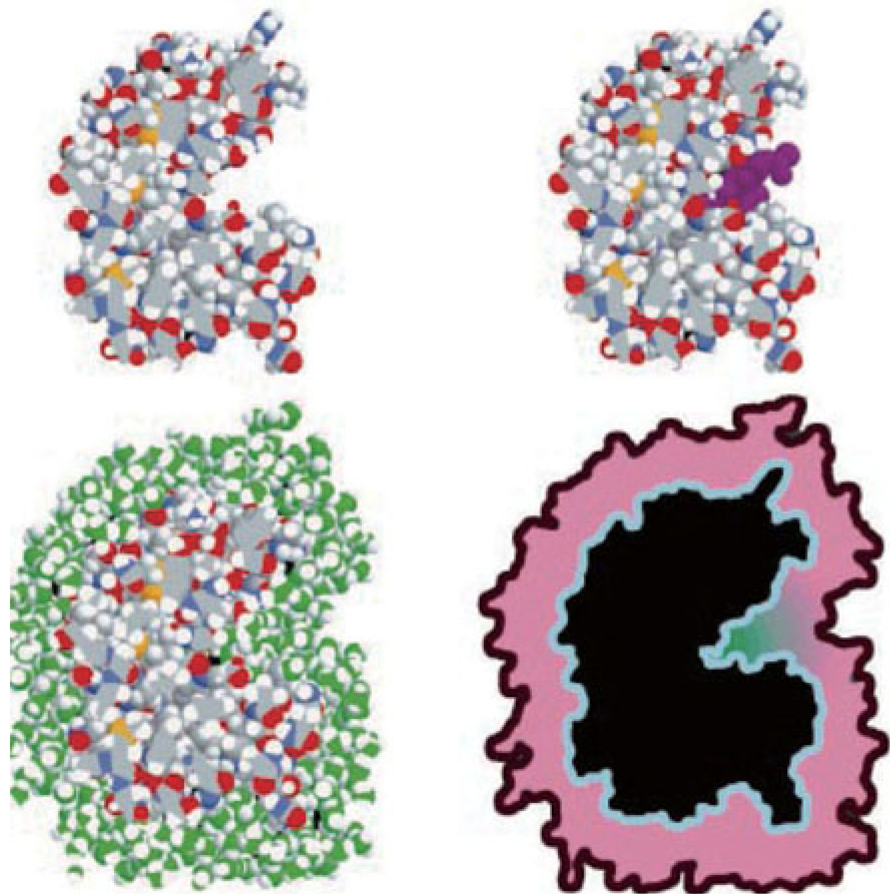


水的独特性质来源于氢键。在这个液态水的模型中，中心分子（红色和白色小球）与其他5个水分子（粉色的V形）形成了氢键（图中绿线）。2个氢原子（白色）与另外2个水分子分别形成氢键，而氧原子（红色）与来自3个水分子中的氢原子各形成1个氢键。在液态水中，每个水分子通常都会形成4个或5个氢键。

化学家们在绘制水分子时通常不画出这两2团电子云，而是把水分子画成V字形（见第159页图）。V字的每个边对应着1个氢–氧化学键（长度约为10^{-8}厘米）。V字形两边的夹角接近105°——略小于正四面体任意两个面的夹角109.5°。

由于水分子存在极性，1个水分子中带正电荷的氢原子很可能会和另外1个水分子中带负电荷的氧原子发生相互作用，这就是氢键。再加上水分子呈四面体构型，每个水分子通常会形成4个氢键：自身的2个氢原子与另外2个水分子中的氧原子形成2个氢键，自身的氧原子和其他水分子中的氢原子形成2个氢键。在固态水（冰）中，水分子通常会按照完美的四面体构型排列形成晶格。而液态水与之不同，其结构可能很随机并且不规则。每个水分子实际形成的氢键数目为3～6个，平均4.5个。由于必须要维持成彼此间由氢键连接的四面体，因此与大多数液体（如各类油或液氮）相比，水的结构更加松散，内部更容易容纳别的分子。

为了建立水的计算机模型，我们需要考虑两种不同类型的力：分子内作用力和分子间作用力。在模拟时，水分子内部的相互作用被设定为作用距离短，像弹簧一样的力，由氢原子和氧原子形成的化学键施加；而不同水分子间的相互作用则作用距离长，本质是电场力。分子内作用力会限定水分子中氢–氧化学键的长度及角度。这些力就像弹簧一样，扭曲化学键的外力越强，化学键本身的抵抗力也越大。



溶菌酶（一种自然界中存在的酶，可以分解细菌细胞壁中的糖分子，从而起到杀菌的作用）的活性部位在该蛋白质最大的沟槽中（左上图）。沟槽的形状恰好可以容纳要裂解的分子（右上图中的紫色小球）。模拟水分子（左下图中的绿白小球）如何与沟槽相互作用有助于科学家绘制活性部位的形状（右下图，绿色的阴影表明水分子很容易被取代）。在设计抑制或增强特定酶活性的药物时，这种活性部位的形状非常重要。

而作用距离长的分子间作用力与分子内作用力却不同：前者随着距离增加而减弱。这种长程作用力的本质就是电荷间的异性相吸，同性相斥。除了氢键外，这种长程作用力还包括范德瓦尔斯力这种较弱的吸引力。

贝尔实验室的阿尼苏尔·拉赫曼（Aneesur Rahman）和弗兰克·斯蒂林格（Frank H. Stillinger）于20世纪60年代末首先对水分子进行了计算机模拟。他们模拟了216个水分子在一个方盒中的运动（选择216个水分

子是因为，这个数量是长宽高各为6个水分子的盒子装满水时的分子数）。在5皮秒的模拟时间中（这是当时的计算技术能够模拟的最长时间），这两位研究人员发现水分子间的能量关系会直接决定水分子的运动。模拟结果能够准确定量地重现水分子的很多性质，比如通常的结构、扩散速率和汽化热。

模拟生命

水在生命过程中起着重要作用，它不仅可以与其他水分子形成氢键，还可以和各种生物分子相互作用。由于自身的极性，水分子很容易与其他极性的、带电荷的分子相互作用，比如酸、盐、糖、蛋白质和DNA的各个部位。正因为这些相互作用，水能够溶解极性分子，因此我们把极性分子称为亲水性分子。相反地，水无法和非极性分子（如脂肪）相互作用，这就是为什么我们会观察到水和油并不能相溶。因此非极性分子也被称为疏水性分子。

在蛋白质和DNA等生物分子长链上，既有亲水部分，也有疏水部分。这些分子链折叠形成紧密构型的方式与亲水性和疏水性相关，而折叠方式又决定了蛋白质最终的三维结构。亲水性基团位于表面，能和水相互作用，疏水性基团则在远离水的分子内部。1959年，沃尔特·考茨曼（Walter Kauzmann）提出，这样的疏水效应对蛋白质折叠至关重要，直到本文刊发时，疏水性在蛋白质折叠中的作用仍是研究热点。

当用计算机模拟水溶液中的生物分子时，必须考虑三种不同类型的水：在生物分子周围，与其有强相互作用的“有序水”；有序水外部的水；处于生物分子内部的水。每个细胞都包含有数十亿个水分子。细胞里面除了生物分子就是水分子。事实上，人类细胞的绝大部分都是水，人类体重的60%是水。

那我们如何把生物分子与这些水分子放在一起，模拟各个原子与水之间的相互作用呢？简单来说，首先要描述所有原子的基本相互作用，之后根据牛顿定律让整个系统自行演化。像这样的模拟需要进行两项基本内容：一项是生物分子内部作用及其与水分子的作用（即分子内和分子间作用力）的描述方式；另一项是绘制这些分子随时间运动的步骤，这个步骤称为分子动力学。

分子动力学会产生一连串构型，非常像电影中一帧一帧的画面。每个原子随时间以一系列非连续的步骤运动，两个相邻构型的时间间隔称

为时间步长。说到底，某个原子的新位置取决于原来的位置以及在给定时间步长中运动的距离。如果原子没有受到外力，那么运动的距离就取决于它在之前位置上的速度，因为距离等于速度乘以时间。然而，在一个时间步长中，其他原子施加的力会导致这个原子加速，这会改变它的速度。如果在某个时间步长中这个外力恒定，根据牛顿第二定律，速度变化与外力成正比，可以算出新的速度。之后使用这个新的速度就能计算原子在接下来的时间内会到达什么位置。液体中的原子受到很强的相互作用，运动距离不会很长，因此时间步长必须很短，一般在1飞秒（10^{-15}秒）左右。在这段时间内，水分子的运动距离只有自身直径的1/500。

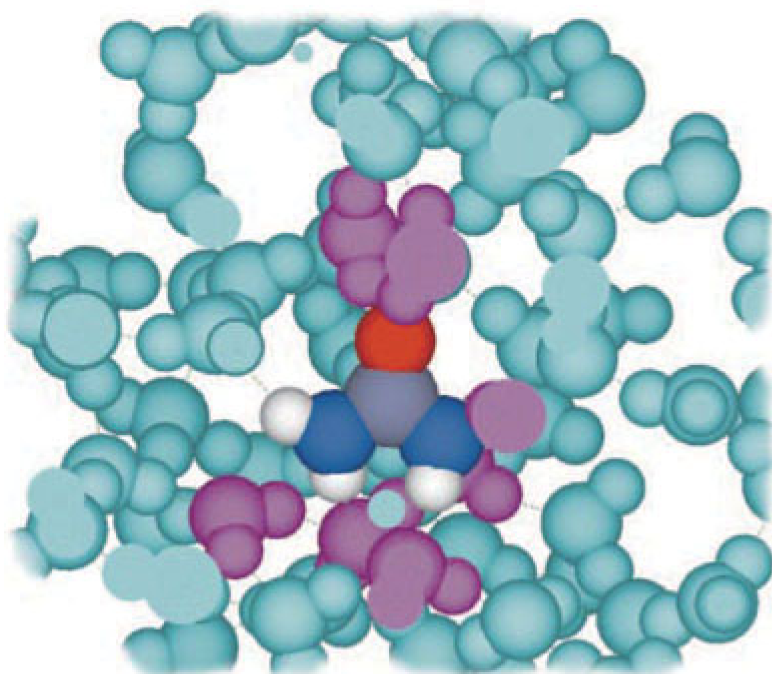
如果模拟时间较长，要计算一个生物分子中所有原子以及有序水分子的每个时间步长，就会产生海量数据。例如，水中的一个小蛋白质会在1纳秒内产生50万组笛卡儿坐标数据，每组数据都描述了大约1万个原子的位置。这样的模拟会详细描述分子随时间运动的情况。在数百万帧画面中，我们能了解到每个分子的旋转、移动以及振动。

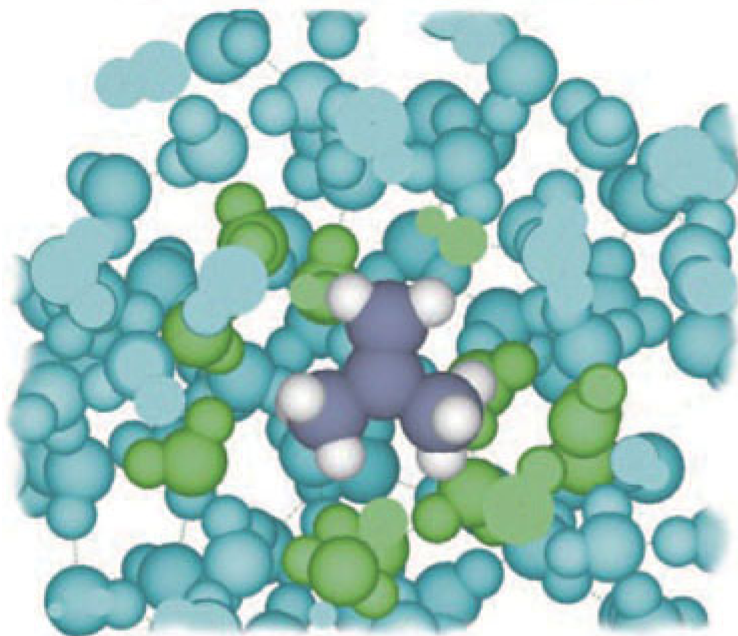
为了描述计算机模拟水影响分子动力学的方式，我们可以考虑两个简单的有机分子：异丁烯和尿素，两者形状类似但性质截然不同。异丁烯是在炼制石油过程中得到的一种燃料，呈Y字形，是一种非极性分子（因此是疏水性的），骨架包括4个碳原子，其中2个通过双键连接。而尿素是蛋白质的一种代谢产物，随尿液排出。尿素也是Y字形结构，1个羰基基团（C＝O）连着2个氨基基团（NH_2）。与异丁烯不同，尿素极性很强，是亲水性的。

对异丁烯和尿素进行分子动力学模拟时，我们观察到水在这两种分子周围的行为非常不同（见本页图）。水分子会和尿素直接作用，与它的氢原子和氧原子形成氢键，并且水分子彼此间也会形成氢键。相反，水分子并不会和疏水的异丁烯分子形成氢键，而是水分子彼此间形成氢键。有序排列的水分子会形成一个笼子，把异丁烯分子包裹进去。

模拟水分子如何与简单分子相互作用，有助于理解水分子与蛋白质和核酸等复杂生物分子间的相互作用。比如，水是形成DNA必不可少的一部分。之所以之前在真空中建立DNA分子动力学模型失败，是因为构成DNA双螺旋骨架的磷酸基团带有负电荷，彼此间的排斥力会导致双螺旋结构在50皮秒内解体。20世纪80年代末，莱维特和位于伦敦的英国国家医学研究所的米丽娅姆·赫什伯格（Miriam Hirshberg）在建立DNA模

型时引入了水分子，后者与DNA中的磷酸基团形成了氢键，从而稳定了双螺旋的结构。两人也成功建立了一个持续500皮秒的DNA模型。随后在水中的模拟表明，水分子会和DNA双螺旋的几乎每个部分都发生相互作用，甚至包括携带遗传密码的碱基对。

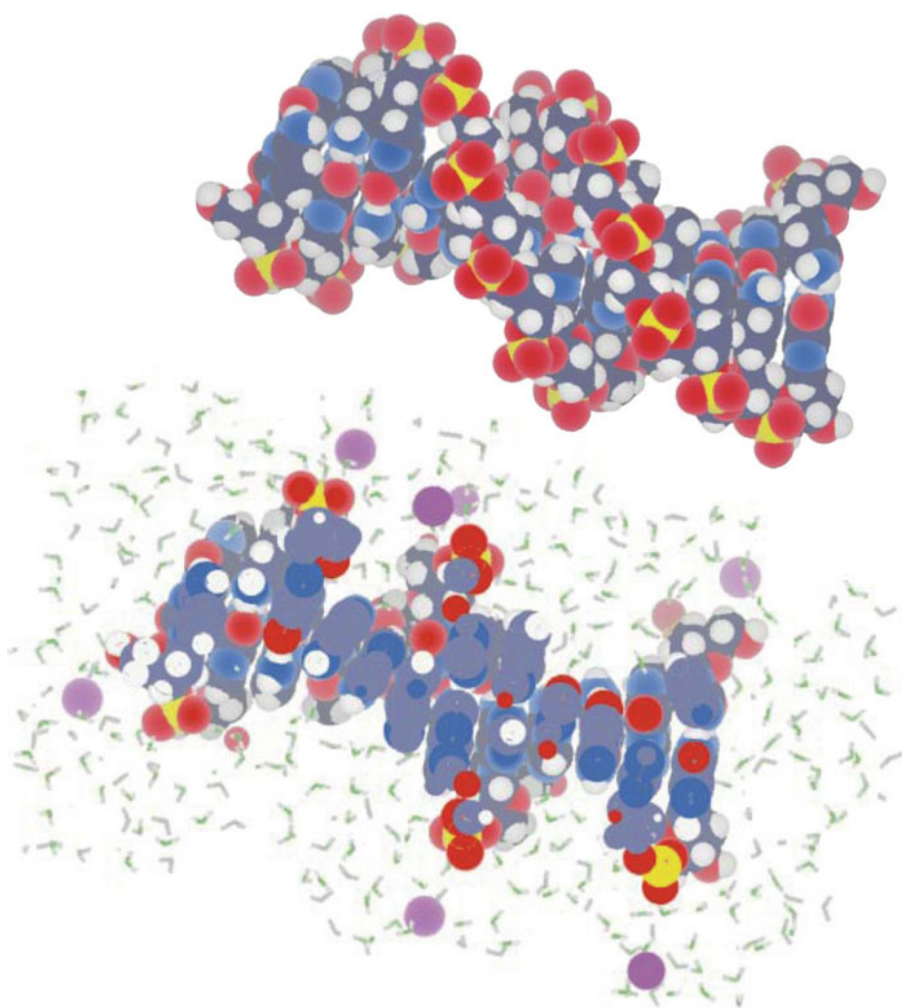




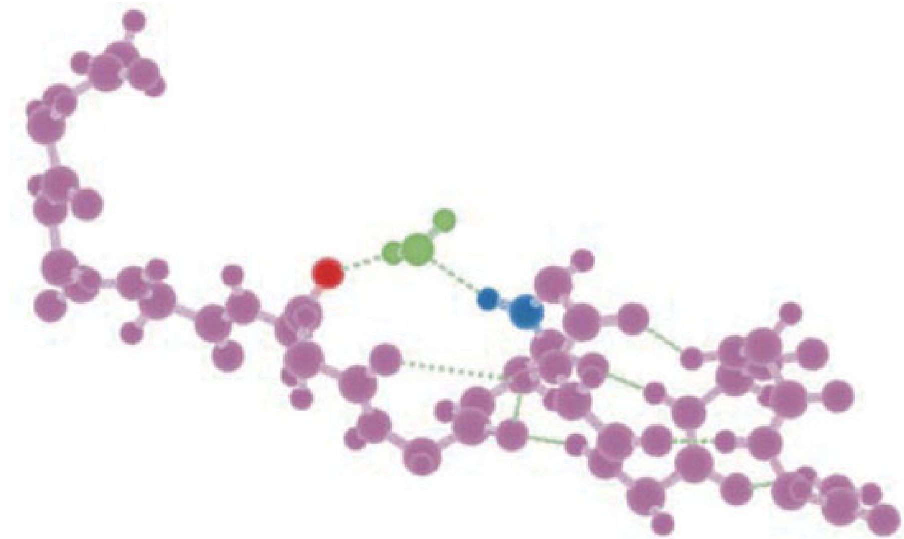
这两种分子的外形几乎一模一样，但是由于它们的极性不同，和水的相互作用会很不同。极性分子在自己的某些原子上会携带部分电荷，反之则为非极性分子。尿素是尿液中的一种极性分子，会与水分子（上图中的紫色小球）形成氢键。相反，非极性的异丁烯并不会与水形成氢键，异丁烯周围的水分子之间会形成氢键，从而形成一个笼状结构（下图中的绿色小球）。

不过，水分子无法进入蛋白质结构的内部，因为疏水的部分会在蛋白质内部形成一个紧密的内核。在模拟蛋白质与水分子作用时，也主要关注蛋白质的表面，因为表面的基团不像内部堆积得那么紧密。

水分子与蛋白质表面的相互作用，会产生更有趣的几何构型，在酶（细胞中促进化学反应的蛋白质）表面深的沟槽部分尤为明显。已经形成氢键的水分子很难和这些沟槽匹配，也很容易被配体（酶想要与之反应的分子）取代，这可能就解释了为什么酶的活性部位通常在这些沟槽中。我们经常发现位于空的活性部位中的水分子会模仿真正配体的几何构型和结构，这些发现或许可以用于药物设计。



DNA双螺旋（上图）有2个磷酸骨架（红色和黄色小球），围绕在大量的碱基对（灰色、蓝色、红色和白色小球）外。下图截取自DNA在水中模拟图像中的一帧，从图中可以看出水分子（绿色和白色的V字形）能渗入DNA双螺旋结构很深的位置，从而起到稳定的作用。紫色小球代表的是水溶液中的钠离子。



在大多数蛋白质中存在的α螺旋更容易在水中展开，这是因为水分子可以替换那些通常把两条螺旋拉在一起的氢键（图中绿线）。图中展示了1个水分子（绿色，相当于一座桥），把1个氧原子（红色）和1个氮–氢基团（蓝色）连接起来的现象，通常这样的过程发生在折叠的螺旋中。

接近真实的生化过程

在水中模拟生物分子的结果与真实情况有多接近？很不幸，我们还没法给出一个确切的答案，因为没有任何实验技术能够像计算机模拟那样详细给出单个分子相互作用的信息。我们能做的是比较通过模拟和实验分别得到的宏观数据和平均数值。

验证水中生物分子模拟结构最重要的一种方法是中子散射和X射线散射。在中子散射实验中，我们会用一束中子流轰击一小份样品，并记录轰击后中子被样品中的分子散射的图样。分子间的空隙相当于一个小的狭缝，能产生出不同特征的衍射图样。通过分析，我们很容易就能确定不同分子之间的空隙。当把中子散射实验的结果和计算机模拟比较时，我们就会发现，平均来说这些间距是相互吻合的。

为了确定一个分子的动力学模拟情况，我们会把模拟出的生物分子在水中的行为与实验室中观察到的行为放在一起对比。例如，大多数蛋白质至少包含一个α螺旋，在这里组成蛋白质的氨基酸会扭曲形成螺旋状。实验表明，加热会造成α螺旋重新展开，不过早期在真空环境下模拟一个简单的α螺旋时，加热后螺旋并没有展开。只有加入水，莱维特

和华盛顿大学的瓦莱丽·达格特（Valerie　Daggett）才能够模拟出α螺旋的真实行为。

这种计算机模拟非常有效，会给我们带来越来越多关于各种生物分子形状及其在活体生物中如何发挥作用的关键信息。然而，随着在水中模拟的生物分子越来越复杂，我们也不断会遭遇计算机技术的瓶颈，租用超级计算机的费用也会越来越高。曾经，当科学家在期刊上发表生物分子的模型时，他们通常会用清晰明亮的颜色描绘这些分子，并且把它们放在黑色的空白背景中。现在我们知道，水——这些分子所处的背景——和生物分子本身一样重要。

扩展阅读

Water: Now You See It, Now You Don't. Michael Levitt and Britt H. Park in *Structure*, Vol. 1, No. 4, pages 223–226; December 15, 1993.

Packing at the Protein-Water Interface. Mark Gerstein and Cyrus Chothia in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Vol. 93, No. 19, pages 10167–10172; September 17, 1996.

For electronic archives of molecular structures, visit **bioinfo.mbb.yale.edu** on the World Wide Web.

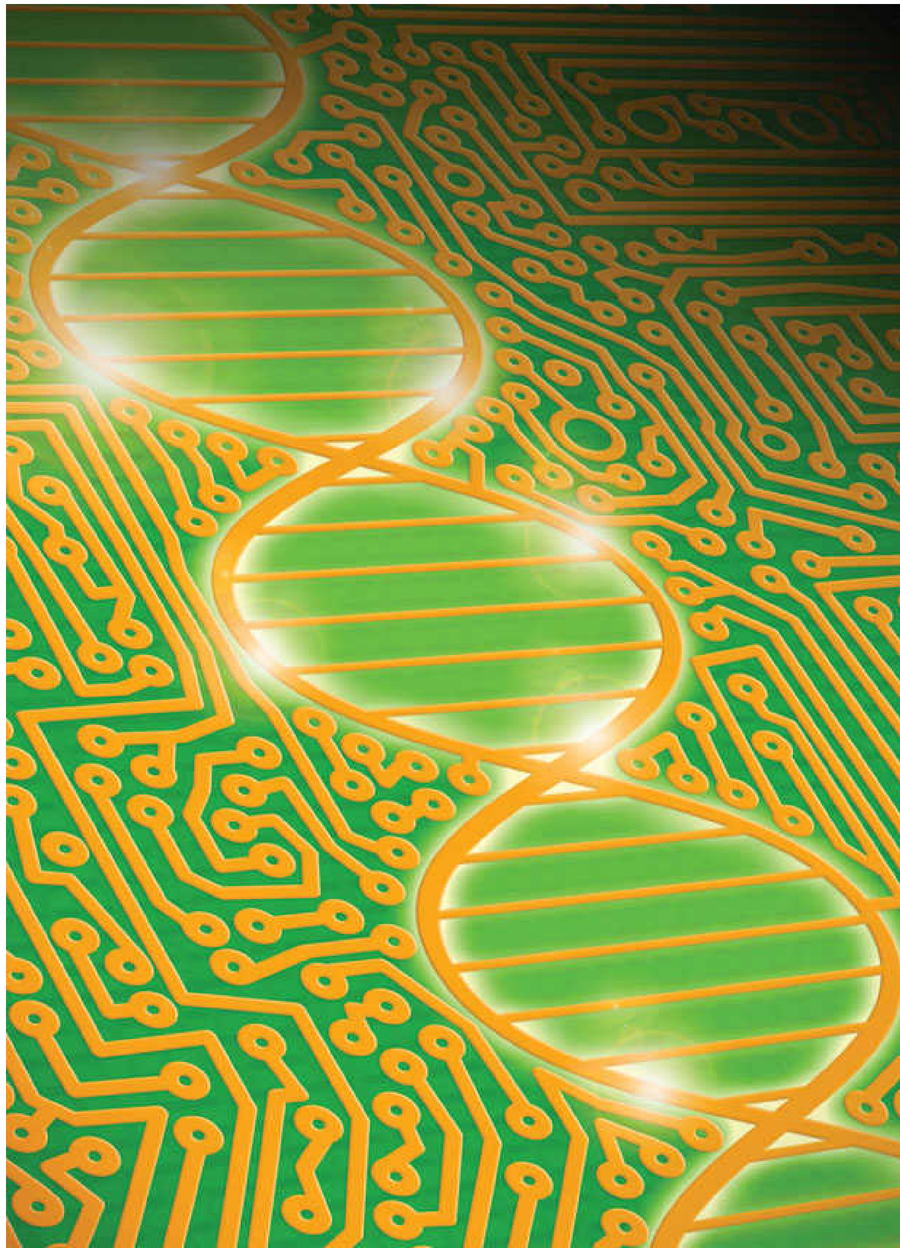
组装生命的生物工厂

借鉴工程技术成功的原理和实践，将有助于生物技术由一个特种行业向成熟产业转型。

撰文 / 生物工厂研究小组
翻译 / 赵瑾



生物工厂研究小组成员包括：戴维·贝克（David Baker）、乔治·丘奇（George Church）、吉姆·科林斯（Jim Collins）、德鲁·恩迪（Drew Endy）、约瑟夫·雅各布森（Joseph Jacobson）、杰伊·凯斯林（Jay Keasling）、保罗·莫德里奇（Paul Modrich）、克里斯蒂娜·斯莫尔克（Christina Smolke）和罗恩·韦斯（Ron Weiss）。其中保罗·莫德里奇因DNA修复的细胞机制研究，获得2015年诺贝尔化学奖。本文刊发于《科学美国人》2006年第6期。



对于效仿电子工程的生物技术来说，生物组件是它的基础。

生物工厂研究小组的成员有：美国华盛顿大学的戴维·贝克，美国哈佛大学医学院的乔治·丘奇，美国波士顿大学的吉姆·科林斯，美国麻省理工学院的德鲁·恩迪和约瑟夫·雅各布森，美国加利福尼亚大学伯克利分校的杰伊·凯斯林，美国杜克大学的保罗·莫德里奇，美国加州理工学院的克里斯蒂娜·斯莫尔克和美国普林斯顿大学的罗恩·韦斯。他们是朋友，是同事，也是合作者。他们作为一个研究小组共同撰写这篇文章，是因为他们专攻领域的多样性决定了他们对生物工厂贡献的多样性，同时这又正好体现了生物工程的跨学科本质。本文的所有作者都是美国马萨诸塞州剑桥的密码子装置公司的科学顾问，这个公司是第一家为了将工程原理应用于合成生物学而开办的商业企业。丘奇、恩迪、雅各布森和凯斯林都是该公司的创立者。恩迪还是非营利性的生物零件基金会的创始人，凯斯林还创立了阿米里斯生物技术公司。

虽然“基因工程”这个词已至少用了30年，DNA重组技术也是现代生物学研究的主流技术，但是大多数生物技术学家所进行的生物相关研究，却与工程技术鲜有共同之处。其中一个原因就是，现有的生物工具，在标准化和实用性方面还没有达到与其他工程技术领域相同的水平；而另一个原因则是，生物学的研究方法和思路还有待改进，尽管生物学研究已经深受工业技术的影响。

举例来说，电子工程的转型起始于1957年。那一年，美国仙童半导体公司（这家公司的所在地就是后来的硅谷）的琼·霍尼（Jean Hoerni）发明了平面技术。这是一种利用光掩模，在硅晶圆内对金属及化学物质进行层叠和刻蚀的系统。利用这种新技术，工程师们不仅能够制造出品质稳定的、整齐的集成电路，还能通过改变光掩模的模式，制造出各种类型的电路。此后不久，工程师们就可以对前人所设计的简单电路进行选择组合，设计出更加复杂、应用范围更广的电路。

在那个年代，电子电路的标准制造方法还比较原始，只是将电路的各个晶体管逐一串联起来。这是一种手工制造过程，其产品质量参差不齐，被新兴电子工业界公认为技术瓶颈。相反，平面技术则大步前进，进展速度惊人，与著名的摩尔定律所提出的速度相差无几。

设计制造半导体芯片的技术与方法相结合的产物——“芯片工厂”，已成为史上最成功的工程范例之一。它也为另一新兴技术领域——生物体系制造业，提供了宝贵的发展模式。

实际上，今天的基因工程师所使用的方法，仍处于较原始的阶段。正如我们的同事——美国麻省理工学院人工智能实验室的汤姆·奈特

（Tom Knight）所说的那样："DNA序列的组装技术缺少标准化，致使每一次DNA组装反应在自身尚处于实验阶段的同时，还不得不充当解决目前研究课题的实验工具。"

生物工程在制造方法和组件上的标准化，可以促使兼容组件设计库的建立，并使组件的加工外包成为可能。理论与制造的分离，使生物工程师能够自由地构想更加复杂的装置，并应用强大的工程工具（例如计算机辅助设计），来处理由此产生的复杂性问题。朝着这些目标，我们小组的成员已经开始寻找和开发能够构成"生物工厂"基础的仪器和技术。我们还想组建一个团队，然后借团队的力量，将最好的工程原理和实践应用于生物技术。

合成DNA

如果说单个晶体管是电子电路的基本组件，那么在生物学中，与之对应的便是基因（有序的DNA长片段）。为了给高级的生物装置构建基因电路，我们就需要一种快速可靠、价格合理的DNA长片段合成法。

20年前，在前人工作基础上，美国科罗拉多大学博尔德分校的马尔温·卡拉瑟斯（Marvin H. Caruthers），利用DNA自身的化学性质，研发出一种单链DNA合成法。DNA由4种核苷酸组成，而每种核苷酸又含有一个相应的碱基，分别是腺嘌呤（A）、胞嘧啶（C）、鸟嘌呤（G）和胸腺嘧啶（T）。碱基之间的亲和力使它们两两配对（A与T配对，G与C配对），形成梯状双链DNA分子中的梯级。化学键不仅在碱基对之间形成，在同一条单链上邻近的核苷酸之间也会形成。

基因电路

将不同基因按一定规则连接在一起，即构成基因电路。上游基因的蛋白产物调控下游基因的表达，环环相扣，从而完成特定的生物学功能。基因电路构成的基本原理是各种逻辑门，最基本的两个逻辑门是"非"和"与"，在此基础上可构成各种复杂的基因电路。

卡拉瑟斯所使用的方法被称为固相亚磷酰胺法，这是目前大多数商业DNA合成法的基础。合成反应起始于一个单核苷酸，这可不是一个普通的核苷酸，它附着在悬浮于液体中的固相支持物（如聚苯乙烯颗粒）上，并承担着发起合成反应的重任。当它暴露于酸中时，核苷酸的碱基便会打开并与新加入酸溶液的核苷酸形成化学键相连。接着第二个核苷

酸又会暴露于酸中并与另一个核苷酸连接，反应就会持续进行，核苷酸链就会不断延长。这样，就可以合成任何想要的核苷酸序列，并且不易出错（出错概率约为1%）。

但很多时候，生物工程师想要的基因片段的长度，远远超出了该方法的合成能力。一个简单的基因网络也许就有数千个碱基对；就像细菌这样的微小生物，基因组也可达数百万个碱基对。因而，我们如果想找到高产出、低误差的合成法，就只能寄希望于从自然界中获得一些提示了。

在生物体中，像酶（如聚合酶）这样的生物机器，能以高达每秒500个碱基的速度，合成和修复DNA分子，而错误率仅为十亿分之一！这就意味着，即便是最好的DNA合成机器（每300秒合成1个碱基），产出率（输出量／错误率）也不及聚合酶的万亿分之一。更有甚者，在细菌体内，当复制像基因组那样的长链DNA时，多个聚合酶会同时运作，在20分钟内就能合成含有500万个碱基的DNA！

于是，丘奇借助现有的基因芯片技术以效仿细菌聚合酶的这种平行作业方式。基因芯片其实就是特殊的玻璃片，在它的表面上，繁星般地点缀着长为50～70个碱基的寡核苷酸（短小的核苷酸链）。通过亚磷酰胺法，寡核苷酸被同时合成于基因芯片的表面，并以格状排列，密度高达每平方厘米100万点。在传统技术的基础上，我们又在这些寡核苷酸上加上可剪切的连接分子，以便特定的寡核苷酸能够从基因芯片上释放出来。在我们的实验性基因芯片上，每个点约为30微米宽，大约含有1,000万个寡核苷酸分子。

基因组、聚合酶与基因芯片

基因组是指构成生命遗传物质的全部DNA组分。

聚合酶，最早在大肠杆菌中被发现，以后陆续在其他原核生物及微生物中被找到。这类酶的共同性质是，以脱氧核苷三磷酸（dNTP）为前体催化合成DNA；催化dNTP加到延伸中的DNA链的3'-OH末端；催化DNA合成的方向是5'→3'（5'与3'是指DNA链的两个末端）。

基因芯片，又称DNA芯片、DNA微阵列，和我们日常所说的计算机芯片非常相似，只不过高度集成的不是半导体管，而是成千上万的网格状密集排列的基因序列。通过已知碱基序列的DNA片段结合芯片上序列互补的单链DNA，来确定相应的序列，从而识别异常基因或其产物等。



生物工厂概述

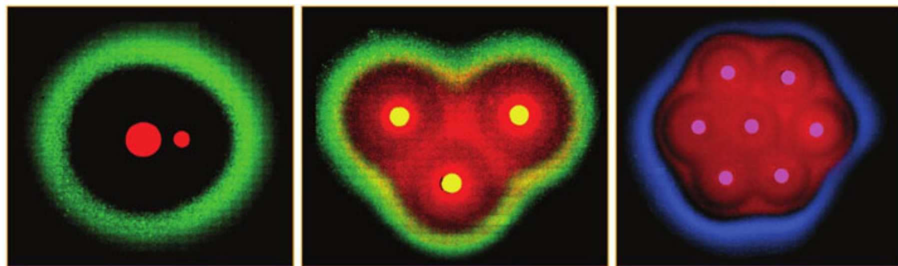
- 灵活可靠的制造技术、标准化的制造方法及设计库，构成了半导体晶片的工厂体系。它使工程师们能够创造出极度复杂、功能强大、应用广泛的电子设备。
- 这种工厂作业方式也会赋予生物工程师们同样的能力：构思由生物零件组成的复杂装置，并将它制造出来。
- 人们已经在开发和使用生物工厂技术及其工艺。解决安全性问题以及鼓励生物学家具有更多的工程思维，这是大家努力的方向。

通常，基因芯片上的核苷酸链被称为构建性寡核苷酸，因为它们的部分序列是相互重叠的，通过重叠的序列，可将它们组装成更长的DNA结构（如整个基因）。但是，任何含有错误序列的寡核苷酸都必须被清除。 为此，我们采用了两种不同的纠错方法。

第一种是选择性寡核苷酸法。合成选择性寡核苷酸的方法与制造基因芯片的方法相同，只是在核苷酸序列上，前者有特殊的要求：与构建性寡核苷酸的序列互补。合成之后，便对连接分子进行剪切，从玻璃片上释放选择性寡核苷酸，并使它们流过构建性寡核苷酸的芯片。按照碱基配对的原则，选择性寡核苷酸就会与互补的构建性寡核苷酸结合或杂交，形成双链DNA。这样，任何不能配对，或者含有错误序列、配对不完全的构建性寡核苷酸，都无法逃过我们的“法眼”，也就无法继续在芯片上“滥竽充数”。有趣的是，与制造基因芯片一样，在合成时，选择性寡核苷酸的序列也会出错。但是，构建性与选择性寡核苷酸的错误序列很难完全互补。因此，利用一组寡核苷酸对另一组进行校对是一种有效的纠错方法。利用这种方法，我们合成寡核苷酸的平均错误率可以低至1/1,300。

正如人们所料，生物体系非常注重自身复制的精确度。我们的第二种纠错方法就来源于自然界。10年前，莫德里奇首先发现了生物体系复制时的详细纠错过程，并将这个过程命名为“MutS-L-H”。当两条DNA链的碱基不能完全配对时，那么在错配区，便不能形成双螺旋结构。MutS是一种天然存在的蛋白质，它会识别这种缺陷，并与之结合。随后，它招集“同伴”——MutL和MutH，共同完成修正任务。利用该方法，雅各布森与美国麻省理工学院的彼得·卡尔（Peter Carr），已经将DNA合成的错误率降到1/10,000。对于生产小型基因网络来说，这样的保真度足矣。

“活”装置



程序化的细菌根据“发送器”细胞菌落（左图所示的红色区域、中图所示的黄色区域以及右图所示的粉红色区域）所发出的信号，形成不同的环状图案。经过基因改良的大肠杆菌菌苔作为“接收器”细胞，可以探测到位于菌苔中部的发送器所释放的化学物质。接着，接收器依据其与发送器的距离（根据化学物质的浓度而定），产生不同颜色的荧光蛋白。通过改变发送器菌落的初始位置，可以创造更复杂图案。我们可以利用这个人工多细胞体系，对天然细胞体系中的信号传导及模式形成（比如在生物发育期）进行研究。此外，该技术还可以用于探测器、三维组织工程以及利用程序化生物体制造材料。

在可释放性平行合成技术和纠错技术的支持下，长链DNA的合成速度更快，成本更低，精确度更高。这些技术将是生物工厂的基础。随着时间的流逝，它们会像半导体芯片光刻技术那样，不断进步。先进的技术是宝贵的财富，能解放我们的思想，让我们思考更多：在生物工厂里，我们可以做些什么呢？

基因工程药物

利用生物工厂的平台探索征服疾病的新方法，是我们最早的目标之一。凯斯林和贝克的研究对象是疟疾和艾滋病——两种困扰人类多年的恶疾。他们致力于开发治疗这两种疾病的药物。尽管我们所研究的治疗方法与他们的不尽相同，但在很大程度上，两个小组的研究都依赖于精确合成长链DNA的能力。我们的研究只是工厂化的一个代表，工厂化拥有强大的力量，必将颠覆传统的新药开发模式！

以疟疾为例，已有药物能将感染者体内的致病寄生虫彻底消灭，从而根治疟疾。这是一种小分子药物，叫做C-15倍半萜，俗名青蒿素，是由植物青蒿（多发现于中国北方）合成的天然化合物。但在植物中，天然的青蒿素过少，如果从植物中提取青蒿素制药，药物价格会极其昂贵，无法推广。因此，在过去5年中，凯斯林的研究小组努力克隆与青

蒿素合成相关的基因，也就是遗传途径，并将它们插入酵母菌中，让酵母菌大量合成青蒿素。

在酵母菌中，我们还能对遗传途径进行改良，使青蒿素的合成效率大幅提高。青蒿素的合成途径叫做甲羟戊酸途径，目前，我们已经能够对途径中的关键基因进行重新设计，较之细菌中的原始途径，关键基因的改变可使紫穗槐二烯（青蒿素前体）的产量提高100,000倍！但这仍然不够，要使青蒿素得到广泛应用，必须进一步提高产量，这就需要我们对整个青蒿素的合成途径进行整合重建。



这个装置是2004年国际遗传工程机器设计竞赛参赛作品，由来自美国得克萨斯大学奥斯汀校区的团队制作，该装置上所出现的问候语是由发光细菌构成的。他们将多个可接收光线并产生颜色的基因零件转入大肠杆菌，从而将这张生物膜变成一张显示光刻图像的生物胶片。遵循计算机编程的传统，该机器显示的第一条信息也是“世界，你好”。

整条遗传途径由9个基因构成，每个基因的平均长度约为1,500个核苷酸。因此，我们所构建的每个新途径大约包含13,000个核苷酸。另外，还需要制造每个基因的突变型，再对不同基因的突变型进行组合，挑选出最优组合。如果为每个基因制造两种突变型，那么，我们就得合成2^9即512条遗传途径，共约600万个核苷酸！对于传统DNA合成技术来说，这项任务无疑难于登天；而对于基因芯片合成技术来说，这不过是小事一桩，用一个生物芯片就可以实现。

相同的工厂化技术不仅可以用于大规模合成基因网络，还可以用于创造新型蛋白质，例如化学合成反应或对环境中废弃物的治理所使用的新型催化剂，以及用于基因疗法或杀灭病原体的高特异性酶。贝克的研究小组正在开发一种计算机设计法，用于设计新型蛋白质结构。他们已设计出两种新型蛋白质，可以模拟人类免疫缺陷病毒（HIV）表面的重要特征。目前，这两种蛋白质已作为候选疫苗，进入了测试阶段。

抽象化优势

半导体工业成功地将超大规模集成（VLSI）电子学应用于实践，技术工艺的标准化使晶片工程师们专攻电路设计或制造，从而在不同的抽象层次上来处理复杂问题。生物工程师们可以借鉴半导体工业的成功经验，利用抽象层次来隐藏不必要的信息，以处理复杂问题。这样，处于系统层的生物工厂设计师就只需关心应该采用哪些装置，以及如何将这些装置连接起来以完成一定的功能，而不用从头到尾制造每个装置。同样，处于装置层的设计师应该知道每个装置中各个部件的功能和兼容性，而处于零件层的工程师就得了解每个零件在内部是如何运作的，但无须合成其DNA原料。

抽象层次

系统层

将执行人类指定功能的生物装置组合起来。例如，由三个变流器构成的系统，能够作为一个振荡器来运作。



装置层

将执行不同任务的零件组合起来。一个变流器能够将输入信号（如“高”）转换成与其相反的输出信号（“低”）。通用的信号载波标准——聚合酶/秒（PoPS）使各种装置更易融入系统中。



零件层

编码具有生物功能的基因材料。例如，像#R0051零件那样的转录操纵基因就是一段DNA，它可以与其匹配的结合蛋白（#C0051）一起调控基因活性。这些具有明确规格的成品零件能够用于组建各种装置。



DNA 层

基因零件的序列。这些DNA序列可以由零件设计师指定，在厂外生产，然后再交付使用。低误差的高速合成技术使DNA的定制变得快捷可靠。



计算机辅助设计法也有局限性：不够先进，不能保证设计出来的所有蛋白质都具有期望中的功能。但计算机可以设计出成百上千的、有希望的候选蛋白质，供我们试验。如果把这些蛋白质结构转化为相应的基因序列，那就需要合成上百万个核苷酸。对于现今的技术，这是一个困难而昂贵的方案，但利用工厂化技术，可以毫不费力地完成任务。

上述针对疟疾和人类免疫缺陷病毒的DNA、蛋白质合成研究表明，这种以生物工厂技术为基础的方法，可用于对付更多的疾病，包括新出现的疾病。比如，将高效而廉价的DNA测序方法与工厂合成能力相结合，我们就可以快速鉴定新型病毒[如严重急性呼吸综合征（SARS）病毒]或新型流感病毒，然后再以现有技术难以企及的速度，制备出相应的蛋白质疫苗。

当然，生物工厂并非只是一个高速合成技术的集合体，而是一种途径：不仅能够对现有生物机器进行探究，而且可以借用工程学的语言和方法，构建新型生物机器。

生物零件

2000年，当时就职于美国普林斯顿大学的迈克尔·埃洛维茨

（Michael Elowitz）和斯坦尼斯拉斯·莱布勒（Stanislas Leibler），以及美国波士顿大学的科林斯、蒂姆·加德纳（Tim Gardner）和查尔斯·坎托（Charles Cantor）等人，利用生物零件制造了第一批基本电路元件：一个环形振荡器和一个扳键开关。他们的研究代表了人造功能性生物电路的首次成功。而早在1975年，科学家们就已经知道，自然界的生物正是利用此类电路来调控它们的基因——从认识到制造成功，科学家们用了整整25年的时间！

启动子

启动子是DNA分子中可以与核糖核酸（RNA）聚合酶特异结合的部位，也就是使转录开始的部位。在基因表达调控中，转录的起始非常关键。

生物膜

生物膜不是指细胞膜，而是指由附着于惰性或者活性实体表面的细菌细胞或包裹这些细菌的由细菌自身所分泌的含水聚合性基质所组成的结构性细菌群落，其广泛存在于含水和潮湿的各种实体表面上。

埃洛维茨和莱布勒的环状振荡器很好地阐释了何为生物电路。最初他们试图利用它合成一个生物钟，以此帮助他们进一步研究生物体内生物钟的运作细节。振荡器的基本电路是一个质粒（环状DNA），该质粒带有三个基因：*tetR*、*lacI*和λ*cI*，分别编码三种蛋白质：TetR、LacI和λcI。任何基因翻译成蛋白质的首要条件都是聚合酶与基因上游区域的启动子结合。随后，聚合酶将基因转录为信使RNA，然后信使RNA被翻译成蛋白质。如果聚合酶不能与启动子结合，那么基因就不能被翻译，也就不能生成蛋白质。

埃洛维茨和莱布勒给三个基因的蛋白质产物分配了特殊的任务：选择性地与另外一个基因的启动子结合。如此一来，LacI蛋白质与*tetR*基因的启动子结合，λcI蛋白质与*lacI*基因的启动子结合，而TetR蛋白质则与λ*cI*基因的启动子结合。这种关联性使得一个基因的蛋白质产物能够阻遏聚合酶与另一个基因的启动子结合。因此，这三种蛋白质的生成构成了一个振荡循环：大量LacI蛋白质的生成抑制了*tetR*基因的表达；TetR蛋白质的缺失使λ*cI*基因得以表达；而λcI蛋白质又可以抑制LacI蛋白质的生成，这个过程不断循环。

若将该循环中的一个基因与表达绿色荧光蛋白的基因相连，再将整

个电路转入一个细菌中，那么该振荡器就会呈现出神奇的一幕：这个细菌会像节日彩灯般闪烁！与之相似，科林斯小组最新研制的基因扳键开关也可用于程序化的细菌：一旦细菌的DNA受损，那么在细菌周围就会出现一种跳跃着绿色荧光的“菌苔”，也就是生物膜！

最初，在为制造半导体芯片测试新工艺时，电子工程师会制造电子电路，将它作为检测工具。在功能上，合成的生物电路与这些电子电路完全一致，这可能会让很多人不敢相信。电子工程师们知道，像振荡器或开关这样的基本组件，在逻辑上是相通的。如果能可靠并精确地制造出这些简单组件，那么就有可能设计和制造更为复杂的电路。同样，一旦生物工程师能理所当然地将合成生物电路视为基本材料，他们就可以走得更远：创造多细胞体系、进行二维和三维设计、制作非生物功能装置，都将不再是难事。

最近，本文作者之一韦斯制造出了一种多细胞体系的原型，它能检测爆炸物或其他化学药品。当发现可疑物时，它就会发出可视信号（见第173页图）。这种生物机器使我们能够利用指令和协议，对数以百万计的细菌细胞进行程序化，让细胞在执行命令的同时，进行细胞间的交流，并且输出多彩的光信号。

提高生物合成的安全性

生物工厂将为医药、新型材料制造、探测器、废物修复，以及能源生产等方面带来新的机遇，而对这些机遇的探索才刚刚开始。但是，正如其他任何价值非凡的事业一样，它也存在一定的风险。生物体系的进化和复制能力是其特色，而正是这种能力引起一些担忧：生物“装置”可能会造成无意或有意的危害。

31年前，在美国加利福尼亚州阿西洛马举行的会议对于当时的重组DNA技术表示了类似的担忧。那时，科学家们第一次成功地从一种生物体中提取出单个基因，并将它转入另一种生物体中，从而产生了原本自然界中并不存在的基因组合。现今，这种技术已成为世界上任何一个分子生物学实验室必不可少的工具，部分原因是源于阿西洛马会议的管控措施削弱了人们对DNA重组技术的恐惧。

从某种意义上来讲，关于生物工厂新技术的问题，本身并非新问题，但我们的社会却在不断讨论这个问题。在2006年5月举行的第二届合成生物学大会上，科学家和伦理学家们为解决合成基因组学所涉及的问题进行了讨论。这次大会的讨论结果，以及由阿尔弗雷德·斯隆基金会所资助的，对风险、获益和可能需要采取的安全措施所进行的为期15个月的研究的结果，1个月后在网上发布。

当前，科学家们肯定能够采取同样的预防措施，如在可靠的生物安全实验室中进行工作，并且遵守30年来我们一直使用的伦理标准。当然，保证有责任感的研究者对

自己的行为负责并不困难。但是，还是存在令人担忧的可能，比如将来某一天，如果DNA合成技术得到广泛应用，心怀不轨的人就会有机可乘，制造致命的新的病原体。于是，本文作者之一丘奇提出了一种监管体系。这个体系包括：对合成生物学工作人员进行注册——就像美国政府对接触所谓“特选威胁病原体”的研究人员进行注册一样，并对用于合成生物学的专门设计生物、仪器和前体材料的购买进行监控。



图中小瓶内装着用于生物工程的DNA零件。这些零件安全可靠，即便是在没有安全防护的生物实验室，也不会引发安全性问题。

让人感兴趣的另一方面，则是生物工厂本身就代表了一个极其安全的体系，因为它要求十分精细的监管体制。在我们所提到的应用中，大多数并不需要合成生物暴露于环境中，但是，为了以防万一，合成生物可以采用不同于自然界生物的基因编码，以使它们不能与其他的生物体进行基因交换。合成生物装置可以被设计成，在经过一定次数的细胞分裂之后对自身进行销毁，或被设计成只能依赖一般环境中不存在的化合物而生存。基因水印可以被刻在每一个基因零件上，以便对由此制造的生物进行识别和追踪。工程法则认为，如果有能力构建更高精度的装置，通常也就具有更高的安全性，例如，飞机中的三重冗余飞行控制系统。我们相信这些同样适用于生物工厂中建造的合成生物体系。

——生物工厂研究小组

受到这些早期范例的启发，本文作者之一恩迪，同奈特及我们的同事——美国麻省理工学院的兰迪·雷特贝格（Randy Rettberg）一起，着手建立生物组件库。它类似于电子晶片设计师们的组件库。这个标准生物零件注册库将会推进各种生物构建项目，而且我们希望有更多的人为注册库添砖加瓦。迄今为止，注册库已涵盖了超过1,000种的生物零

件，其中包括许多与电子器件相仿的零件，如逆变器、开关、计数器、放大器，以及能够接收输入信号或进行输出显示的组件。我们还定义了一个标准信号载波——聚合酶/秒（PoPS），近似于连接两个电子组件的导线中的电流。这样一来，生物工厂的工程师对基因装置进行组合和重新利用时，就能更加得心应手。

为了展示生物工厂技术，也为了培养后继人才，美国麻省理工学院的研究小组于2003年，开设了第一门关于生物零件的工厂工程课程。这个课程很快发展成一项年度竞赛。2006年夏天，有30多个大学的团队慕名而来。自国际遗传工程机器设计竞赛（iGEM）开设以来，在很短的时间内，就已经产生了许多令人惊叹的细胞装置：可以记录和显示相片的生物膜，以及能够像开关一样对小分子输入信号（如咖啡因）进行感知和响应的程序化细胞。

还有一个iGEM参赛作品，由本文作者中的斯莫尔克、科林斯和丘奇共同开发研制。这是一个利用一系列DNA片段进行数字计数的装置。区区20个DNA片段就能对最多100万（2^{20}）种细胞状态进行计数和报告。这项技术可以融入传感器，而传感器又能与工程化的代谢途径（例如，凯斯林的研究小组研发的青蒿素合成的优化途径）相连。于是，仅用手指扳动开关就能提高药物产量！

构建合成生物学

当我们刚开始致力于建立生物工厂时，精确、快速而又廉价的长链DNA合成法还没有浮出水面。在本文发表时，生物工程师们拥有的工具已经越来越多，长链DNA合成技术只是其中之一。目前，我们正朝着一种生物工厂的生产模式发展，即首先在计算机中对生物装置进行设计和建模，然后将它“裁剪”成最终的生物形式。这与硅晶片首先被设计出来，然后通过刻蚀而成的过程非常相似。

生物工厂起步了

许多公司和组织已经将工程原理和工程工具应用于商业性生物制造业中，从而使生物工厂更贴近现实。

公司	研究重点
生物零件基金会 位于美国马萨诸塞州剑桥	促进对生物工程开放工具、标准和零件
蓝鹭生物技术公司 位于美国华盛顿州博塞尔	DNA合成
阿米里斯生物技术公司 位于美国加利福尼亚州埃默里维尔	利用基因工程改造代谢途径，进行微生物药物生产
密码子装置公司 位于美国马萨诸塞州剑桥	构建生物装置
应用分子进化基金会 位于美国佛罗里达州盖恩斯维尔	生产新型蛋白质及材料
合成基因公司 位于美国马里兰州罗克维尔	利用基因工程进行微生物产油

与半导体电路一样，这种方法还有一个附加的好处：我们可以优化零件之间的相互作用，以及预测可能出现的问题。当我们所构建的体系越来越复杂时，这个能力就变得越来越有用。而抽象设计的另一个优点是，生物工程师不必从头开始构建每一个零件，也不必清楚每一个零件在内部如何运作，他们只需知道这些零件能够可靠地运转就足够了。

参加iGEM的学生代表了第一代生物学家–工程师，他们在事业起步之初所接受的训练，就使他们将自己视为生物学家兼工程师。然而，我们所面临的一个重要挑战，是如何使更多的生物学家像硅片工程师那样思考，并吸引更多的工程师进入生物领域，特别是涉及零件共用的时候。直到现在，生物技术仍然像一个独立的工作团体，开发单一用途的物质（如某种药物）。而今后，在很大程度上，生物技术还需要许多不同的团队提供辅助体系。我们希望，为生物学建立工厂可以推动这个进程，并且使它如半导体工业一样，取得革命性的进步。

扩展阅读

Synthetic Life. W. Wayt Gibbs in *Scientific American*, Vol. 290, No. 5, pages 74–81; May 2004.

Foundations for Engineering Biology. Drew Endy in *Nature*, Vol. 438, pages 449–453; November 24, 2005.

Let Us Go Forth and Safely Multiply. George Church in *Nature*, Vol. 438, page 423; November 24, 2005.

Adventures in Synthetic Biology. Drew Endy, Isadora Deesa, the MIT Synthetic Biology Working Group and Chuck Wadey. A comic book available online

at **http://openwetware.org/wiki/Adventures**

三
诺贝尔生理学或医学奖
Nobel Prize in Physiology or Medicine

马里奥·卡佩基

2007年 / 诺贝尔生理学或医学奖

伊丽莎白·布莱克本

卡罗尔·格雷德

2009年 / 诺贝尔生理学或医学奖

杰克·绍斯塔克

2009年 / 诺贝尔生理学或医学奖

詹姆斯·罗斯曼

2013年 / 诺贝尔生理学或医学奖

梅–布里特·莫泽

爱德华·莫泽

2014年 / 诺贝尔生理学或医学奖

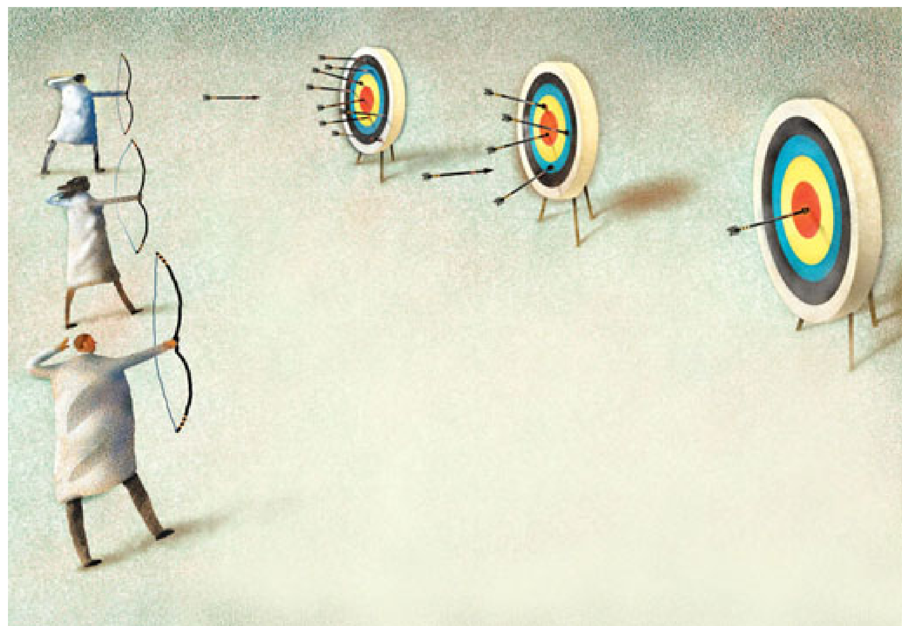
替换目标基因

1994年，研究人员已经可以培育出在任意已知基因上携带任意特定突变的小鼠。这项技术使哺乳动物生物学研究发生了翻天覆地的变化。

撰文 / 马里奥·卡佩基（Mario R. Capecchi）
翻译 / 程孙雪子



本文作者马里奥·卡佩基因在“基因打靶”技术等方面做出的重要贡献，获得2007年诺贝尔生理学或医学奖。本文刊发于《科学美国人》1994年第3期。



马里奥·卡佩基出生于意大利的维罗纳，是霍华德·休斯医学研究所的研究员和犹他大学医学院的人类遗传学教授。除了开发本文中介绍的技术外，卡佩基还为解释蛋白质合成的机制提供了帮助。此外，他还为DNA中增强子的发现做出了贡献，并开发了一种现在广泛应用的技术，该技术能够直接将DNA注射到细胞核当中。

我们身体中的每个细胞的细胞核内都有一份说明书，上面详细记述了该细胞的功能。尽管每个细胞都带有相同的说明书，但不同类型的细胞，比如肝细胞或皮肤细胞，会按照该说明书的不同部分来明确其独特的功能。或许最令人赞叹的是，这本说明书内的信息可以使一个单细胞的胚胎，即受精卵，发育成一个胎儿，然后呱呱坠地，成为一个新生的婴儿。随着这个婴儿的生理和心智都逐渐成熟，他仍然使用着这本说明书上的信息。我们每个人都是独一无二的，每个人的说明书都略有不同。把我们与其他人区分开来的生理和行为特征，大部分都是由这本说明书详细记述的。

这份非比寻常的说明书称为基因组，是用核苷酸形式写成的。整个“字母表”中只有4种核苷酸——腺嘌呤核苷酸、胞嘧啶核苷酸、鸟嘌呤核苷酸、胸腺嘧啶核苷酸。DNA上核苷酸的精准序列可以表达信息，就像字母序列组成单词可以表达意思一样。每次细胞分裂时，整份“说明书”都会被复制，产生的副本从母细胞传递到两个子细胞中。在人类和小鼠中，这份说明书都含有30亿个核苷酸。如果将代表这些核苷酸的字母按顺序写下来，每页写3,000个字母，整个说明书将长达1,000卷，每卷1,000页。所以，由一个受精卵创造出人类或小鼠个体，需要一份异常复杂的说明书来精心安排。

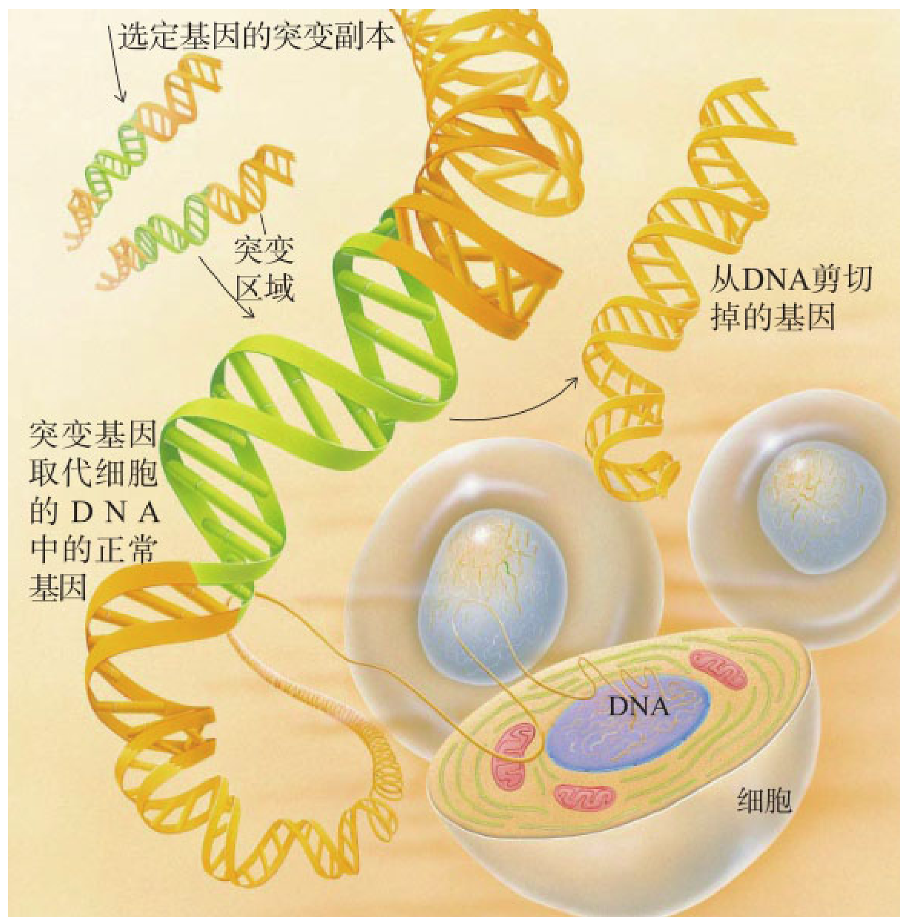
本文刊发前不久，我和犹他大学的同事们共同开发出可以修改存在于活体小鼠每一个细胞中的说明书的方法，能精确修改其中的某一个字母、某一个句子或某几个段落。通过改写该说明书中的部分内容，并评估改写后的说明书对小鼠发育或发育后身体功能的影响，我们就可以了解控制这些过程的程序。

说明书中的功能单元就是基因。我们可以使某个选定基因的核苷酸序列发生特异性改变，并由此改变它的功能。比如，如果我们怀疑一个特定的基因可能和脑发育有关，就可以培育一批“敲除”了这个正常基因的小鼠胚胎，让该基因彻底失去活性。如果这种基因失活导致新生的小鼠长出了畸形的小脑，我们就知道，这次考察的基因对于脑的这一区域

的形成有重要作用。这个将特定突变引入特定基因核苷酸序列的过程就叫做“基因打靶技术”。

从小鼠基因打靶实验得来的知识大部分都可造福人类，因为小鼠与人类大约99%或更多的基因都有相同或相似的功能。此项技术在小鼠上的应用不仅揭示了人类胚胎发育的各个阶段，还使我们认清了人体免疫系统形成的过程以及抗击感染的方式。基因打靶技术应该继续发展下去，揭开更多谜题，比如人类脑部的运作方式，以及基因缺陷的致病原理等。为了实现后面这个目标，我们正利用该技术培育患囊性纤维化、癌症和动脉粥样硬化等人类疾病的小鼠模型。





通过向细胞中插入突变的基因副本（右图中最左侧的绿色和金色条带），并使其中的一个副本替代染色体中原来的健康基因（右图中最右侧的金色片段），就可以在选定的细胞基因中形成定点突变。这样改动过的细胞能够帮助研究人员培育携带特定基因突变的小鼠。研究者在一只突变小鼠身上发现了卷曲的尾巴及平衡与听觉障碍（见上图）等特征，从而发现了*int*-2基因，该基因参与小鼠尾部和内耳的发育。

在另一个领域，基因打靶技术也带来了振奋人心的进展。从人类基因组计划中获得的很多知识都有望通过此项技术得到拓展。这个大规模项目旨在确定小鼠和人类基因组中每个基因（各有约20万个）的核苷酸序列。目前，我们只知道这两个物种基因组中很少一部分基因的功能。基因的核苷酸序列指导氨基酸组合成特定的蛋白质（蛋白质承担着细胞内的大部分生理活动）。蛋白质的氨基酸序列会提供有关其功能的重要信息，比如它是酶，还是细胞的结构单元，还是信号分子。但是，仅有序列还并不足以揭示一个蛋白质在动物的生命活动中承担的具体任务。

相反，基因打靶就可以提供这些信息，将我们对基因和蛋白质功能的认识推进到更深的层次。

基因打靶技术为研究人员提供了研究哺乳动物遗传学的一个新途径，也就是可以确定基因指导不同生物过程的方式。我们需要这项技术是因为传统的遗传学方法虽然在分析简单生物体的生物过程中十分成功，但并不能直接适用于复杂生物体，比如哺乳动物的研究。

举例来说，如果遗传学家想要研究单细胞生物，如细菌或酵母如何复制DNA，他们可以把10亿个甚至更多个体暴露在某种对DNA有破坏性的化学制剂（诱变剂）中。通过选择正确的诱变剂剂量，遗传学家可以保证种群中每个个体的一个或多个基因携带一个突变。通过研究经诱变剂处理的细菌或酵母，遗传学家就可以找出无法复制DNA的个体。对于DNA复制所必需的全部基因，可以通过使用这样大规模的诱变种群，筛选出存在这些基因突变的个体（像细菌或酵母基因组复制这样的复杂过程，有超过100个基因参与其中）。一旦这些基因被鉴别，它们在DNA复制中的具体功能就能被确定下来，比如哪个基因决定是否进行DNA的复制，哪个基因控制复制的精准度和速率等。

类似的方法也曾应用到更复杂的多细胞生物上。遗传学家最喜欢的两种生物分别是一种生活在土壤中的细小蠕虫——秀丽隐杆线虫，以及一种常见的果蝇——黑腹果蝇。但即使是在这些相对简单的多细胞生物中，确定涉及某个生物过程的所有基因都是较为困难的。

导致难度提升的原因有很多，其中之一就是基因组的大小。大肠杆菌的基因组只有3,000个基因，而黑腹果蝇却有至少20,000个基因，小鼠的基因数更是10倍于果蝇。更多的基因数量带来了更高的复杂度，因为基因形成了更复杂的交互网络。在这样的网络中追踪某一个基因的功能是一项万分艰巨的任务。

此外，由于多细胞生物体型更大，诱变实验中可包含个体的数量也受到了限制。在10亿个经诱变后的细菌或酵母个体中寻找某类的突变个体是相对比较简单且廉价的。相反，哪怕筛查100,000只经诱变的果蝇都是一个异常庞大的实验。相比而言，要筛查小鼠身上的一个特定突变，可操作的个体数量大概要达到1,000。

在实际操作上，鉴别和研究多细胞生物的基因难度更高还有另一个原因，就是多数多细胞生物都是二倍体，它们细胞中的大多数基因都具有两套副本，一套来自父亲，一套来自母亲。从生存的角度来说，拥有

两套基因是十分有价值的。如果一套基因获得了有害突变，另一套通常可以予以补偿，这样可避免突变带来严重的后果。然而，这样的冗余就意味着，只有当两套基因都被破坏时，突变才可能导致解剖学或生理学上的缺陷。研究人员要得到这样的突变个体，就要让各有一套基因携带着突变的两个亲本交配。大约有1/4的交配子代会携带两套有缺陷的基因。这些步骤会大大拖延分析的进程。

尽管存在这些困难，但要了解并分辨生物过程的各个步骤，识别整个动物体中的特定突变无疑是提供信息最多的一种方法。此外，如果想了解只在复杂生物体中存在的过程，如复杂的免疫应答的形成，也必须在那些生物体中进行此类分析。由于这些原因，对哺乳动物发育、神经功能、免疫应答、生理和疾病感兴趣的遗传学家已经在研究小鼠。从他们的角度来看，小鼠是一种理想的哺乳动物。它们个体小，繁殖能力强，是认识大多数人类生物过程的良好参照物。

从另一方面来说，与简单的生物体相比，可在小鼠身上进行的基因操作有极大的局限。由于上文介绍过的那些障碍，将传统方法应用到小鼠身上是不切实际的。要找出经诱变后携带特定基因缺陷的小鼠，研究人员需要筛查10,000～100,000只小鼠，成本令人无法接受。所以，研究小鼠的遗传学家过去都是研究群落中自发突变的个体。由于研究人员的敏锐观察和不懈努力，现在已有的小鼠突变库已经十分庞大。对于未来的研究来说，这些资源的价值不可估量。

然而，即使是这些来之不易的发现也有缺点。已有的小鼠突变库并不是从小鼠基因组突变中随机取样的。相反，它包含的绝大多数突变都会导致可观察到的生理或行为异常。因此，很多影响毛色的突变都出现在这个库中，而影响早期发育的突变则比例很低（因为它们通常会导致不易察觉的胚胎死亡）。

还有，分离突变小鼠中导致明显缺陷的基因是项高强度的工作，通常需要一个团队齐心协力工作几年时间。即使全然不知所涉及的基因，研究人员也可以推断出某个生物现象所涉及的多个步骤。但如果不能分离这些基因，他们便无法在分子层面取得进展。尤其是，他们无法确定由突变基因编码的蛋白质的性质，也无法找出这些基因会在哪些细胞中被激活。

基因打靶技术使研究人员可以绕开这些难题。他们现在可以选择改变哪个基因，实际上还可以完全控制该基因的修饰方式，从而定制突

变，来探究该基因的具体功能。研究者会根据研究小鼠或其他物种时得到的知识，来选择让哪个基因发生突变。例如，在新形成的小鼠心脏中分离具有活性的一系列基因是相对容易的，而基因打靶则能使我们确定其中的每个基因在心脏发育中的作用。或者，我们还可以确定一组对黑腹果蝇神经元发育通路起引导作用的基因在小鼠中是否存在，并且是否具有类似的功能。

初步的方法通常包括敲除某个基因，以评估缺失该基因的产物对生物体的影响。其结果可能会很复杂，并影响多个通路。对基因功能的进一步了解可通过引入更微妙、有更明确效果的突变来获得，这类突变只影响基因多个功能中的一个。很快，遗传学家就能够用开关控制基因了。这些开关能够使研究人员在小鼠的胚胎阶段或出生后发育过程中随意打开或关闭一个基因。比如说，假定某一个基因可能对一组神经细胞的产生和正常运行起到关键作用。敲除该基因可能会导致脑在形成过程中缺失这些神经元，并妨碍评估成年个体中该基因的活动。如果该基因由一个开关控制，研究人员就可以在发育过程中打开开关，使神经元形成。等到小鼠成年，再将其关闭，从而评估该基因在成年神经元中的功能。

1984 ~ 1999年，基因打靶技术取得了巨大的进展。在20世纪70年代末期，我做实验时要用极细的玻璃针头将DNA直接注射到哺乳动物细胞核中。针头由液压传动的显微操作器控制和引导，在高性能显微镜的帮助下进入细胞核中。经实践证明，这一步骤的成功率非常高。1/5 ~ 1/3的细胞都能接受到具有功能活性的DNA，并继续分裂，将DNA稳定传递到其子细胞中。

在追踪细胞中这些DNA分子的命运时，一个令人惊奇的现象引起了我的关注。尽管新引入的DNA分子是被随机插入到受体细胞的染色体中的，但该位点处可以插入多个分子，且所有的分子都沿着相同的方向。就像每种语言中的文字都有一个固定的方向一样（比如英语，我们从左往右阅读），DNA分子也是一样。显然，在细胞把DNA分子随机插入染色体之前，细胞核中有某种机制，将所有引入的DNA分子都沿同一个方向缝合在了一起。

我们进一步发现，细胞会采用一个称为同源重组的过程来实现这种连接。同源重组仅在拥有同样核苷酸序列的DNA分子之间发生。这两个分子排在一起，随后都被切开，并在切口处连接在一起。两者的连接十

分精准，在连接点处的核苷酸序列都不会发生改变。

这个出乎意料的观察结果意味着，所有的小鼠细胞，甚至所有的哺乳动物细胞都具备进行同源重组的机制。当时，还没有任何理由认为体细胞（与有性生殖无关的细胞）中也有这种机制。此外，我们知道这种机制是十分高效的，因为我们可以显微注射超过100个相同序列的DNA分子，而细胞都会将它们沿相同方向缝合在一起。我立刻意识到，如果我们能够利用这种机制，使按我们意愿新引入的DNA分子与细胞染色体中相同的DNA序列进行同源重组，我们就能够任意改写细胞的说明书了。

我因这样的美好前景而兴奋不已，并在1980年向美国政府申请资金，以检测基因打靶的可行性。令我失望的是，受理这份项目资金申请的科学家拒绝了该申请。在他们看来，新引入的DNA序列能够在1,000卷遗传说明书中找到匹配序列的可能性微乎其微。

尽管被拒绝了，我仍然决定用另外一个项目的资金继续推进研究。这是一场赌博。如果实验失败了，我到项目汇报时就拿不出任何有价值的数据。然而幸运的是，实验成功了。到1984年，当我们再次申请资金继续研究时，我们已经有了丰富的证据表明基因打靶技术在细胞内是可行的。此次的项目评审人中有很多也评审过最初的那个项目计划，他们这时展现出了幽默感。新申请的评语开头是这样的：“我们很高兴你没有听从我们的建议。”

那么基因打靶在细胞内是如何实现的呢？第一步是复制要研究的基因，并使其在细菌内增殖。这个过程提供了纯净且包含要研究基因的DNA来源。接下来在试管中，我们要根据实验目的更改基因的核苷酸序列。被更改后的基因被称为打靶载体。

打靶载体可通过多种方法被引入到活细胞中。一旦进入细胞核，它就会与细胞同源重组机制中的蛋白质构成一种复合体。在这些蛋白质的帮助下，打靶载体会对整个基因组序列进行搜索，直到找到与它自身一样的部分（靶点）为止。如果确实找到了这个靶点，它就会在基因旁边排列起来，然后替代它。

令人遗憾的是，这样的定点替换只会出现在一小部分处理过的细胞中。更常见的情况是，打靶载体被随机插入到一个不匹配的位点上，或根本就不与细胞核DNA相融合。因此，我们必须对这些细胞进行整理，辨认出那些被成功打靶的细胞。大约只有百万分之一的细胞会实现预期

的定点替换。

为了大大简化寻找这种细胞的过程，我们使用了两个一开始就被引入到打靶载体中的“选择标记”。“正选择”标记可促进与打靶载体融合的细胞的存活和生长，无论融合是发生在靶点还是基因组上的随机位置。“负选择”标记帮助去除绝大部分在随机位点融合了打靶载体的细胞。

正选择标记通常是一个抗新霉素（neo^r）基因，被放置于靶点基因的DNA中间。典型的负选择标记是来自疱疹病毒的胸苷激酶（*tk*）基因，被连接到打靶载体的一端（见第192、193页的图示）。当同源重组发生时，被复制基因中未发生改变的片段以及其中夹着的neo^r基因就会替代染色体中的靶点序列。但匹配序列区之外的*tk*基因则不会进入染色体，进而被细胞降解。相反，当细胞随机插入打靶载体时，它们就会将整个载体都缝合到自身的DNA上，其中包括*tk*基因。当任何形式的插入都没有发生时，载体及上面的两个选择标记都会丢失。

我们并不需要直接检验DNA来辨认不同的结果，而要在含有两种药物的培养基中培养细胞。一种药物是类似新霉素的药物G418，还有一种抗疱疹的药物更昔洛韦。G418会杀死染色体中缺乏保护性neo^r基因的细胞，也就是那些没有融合任何载体DNA的细胞。但G418允许携带随机或定点插入物的细胞存活并生长。与此同时，更昔洛韦会杀死任何携带疱疹*tk*基因的细胞，也就是带有随机插入物的细胞。最后，存活下来的几乎只有那些具有定点插入物的细胞（带有“正选择”的neo^r基因并缺乏“负选择”*tk*基因的细胞）。

在细胞中定点替换基因

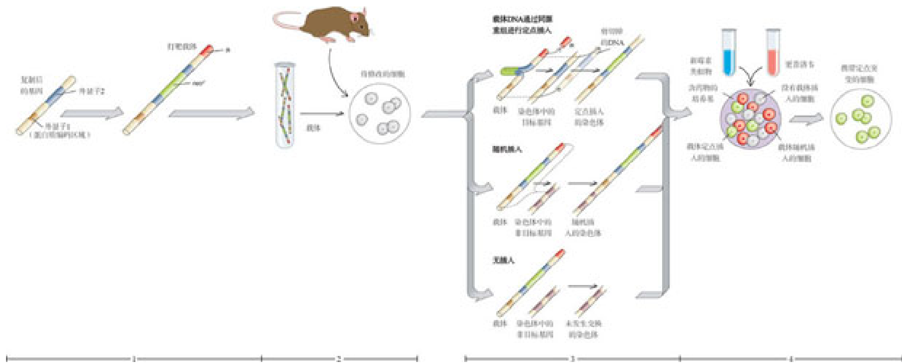
1．实验人员在试管中改变某个基因（最左端的条带）的副本，得到打靶载体（拉长的条带）。图中显示的基因因为已经把neo^r基因（绿色）插入蛋白质编码区域（蓝色）而失活。neo^r基因之后会成为一种标记物，指示载体DNA已经成功连接到染色体上。载体的一端还携带第二种标记物：疱疹*tk*基因（红色）。这两种基因是标准的选择标记，但有的实验也会使用其他标记物。

2．一旦载体和上面的双重标记物构建完成，就会被引入到细胞中（灰色）。这些细胞是从小鼠胚胎中分离出来的。

3．如果一切顺利，就会发生同源重组（上部）：载体会排列在细胞中染色体的正常基因（靶点）旁边，相同的区域就匹配在一起。随后载体上的区域（以及中间的DNA）会替换原来的基因，将末端的标记物留在外面（红色）。然而在很多细胞中，

整个载体（包括多余的标记物）会随机插入到染色体的某个位置（中间），甚至完全不与染色体融合（底部）。

4．要分离出携带目标突变的细胞，实验人员要将所有的细胞放在含有特定药物的培养基中。在这个实验中使用的药物是新霉素的类似物（G418）和更昔洛韦。G418对细胞是致命的，除非细胞中携带正常的*neo*^{r}基因。因此，G418就能够去除完全没有与载体DNA融合的细胞（灰色）。与此同时，更昔洛韦会杀死所有携带*tk*基因的细胞，这就去除了携带随机融合载体的细胞（红色）。这样一来，能够存活下来并且增殖的就只有载体成功定点插入的细胞（绿色）。



小鼠中进行定点替换基因

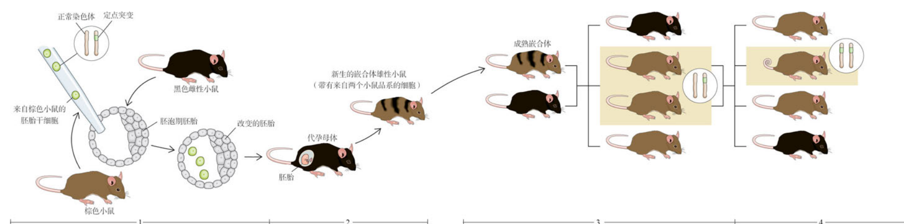
1．从一种棕色小鼠品系上分离出胚胎干细胞（ES细胞，最左端图中的绿色），并改变其基因（按照第192和193页介绍的方法），使其一条染色体上携带定点突变（细节插入图）。接下来将胚胎干细胞插入早期胚胎中，如图所示。实验人员喜欢使用新生小鼠的毛色作为指示，以确定胚胎干细胞是否在胚胎中成功存活。因此，他们通常会将胚胎干细胞放到正常情况下为黑色毛发的小鼠胚胎中。提供这些胚胎的黑色小鼠品系（下图）缺失*agouti*基因。细胞中即使只存在一个*agouti*基因副本，小鼠也会长出棕色毛发。

2．具有胚胎干细胞的胚胎在代孕母亲体内逐渐生长成熟。随后实验人员会检验新生小鼠的毛发。如果黑色毛发中出现棕色的斑块，就说明胚胎干细胞成功在动物体内存活并增殖。（这样的个体被称为嵌合体，因为它们体内的细胞来自两个不同品系的小鼠。）相反，毛发全黑就说明胚胎干细胞已经死亡了。

3．令雄性嵌合体小鼠与黑色（不含*agouti*基因）雌性小鼠交配。研究人员随后会筛查新一代的小鼠，在目标基因中寻找存在定点突变（细节插入图中的绿色部分）的证据。他们首先立刻排除所有的黑色小鼠。如果精子源自ES细胞，则有可能携带选定的突变，子代小鼠就应该是棕色的。直接检查棕色小鼠的基因就能够发现哪些动物继承了定点突变（米黄色框内的小鼠）。

4．让携带突变的雄性和雌性交配，就能够产生细胞内两个基因副本都携带选定突变（细节插入图）的小鼠，因此这类小鼠缺失一个功能性的基因。这些小鼠（米黄色框内）可通过直接分析DNA辨认出来。随后，研究人员将详细检查它们的生理和行为

异常。



到1984年，我们已经证实，在培养的小鼠细胞中对特定的基因打靶是可能的。那时我们已经准备好拓展这项技术的应用范围，去改变活体小鼠的基因组。为了完成这个目标，我们采用了剑桥大学的马修·考夫曼（Matthew H. Kaufman）和马丁·埃文斯（Martin J. Evans）在1981年培育的特殊细胞。这些细胞都是胚胎干细胞（ES细胞），从发育初期的小鼠胚胎上获得。它们可以在培养皿中被无限培育下去，而且具有多能性，即可以分化出所有的细胞类型。

简单来说，通过上文描述过的方法，我们培育了在选定基因的一个副本上携带着定点突变的胚胎干细胞。接着，我们将这些胚胎干细胞放到早期小鼠胚胎中，并让胚胎发育成熟。所得到的部分小鼠在成年后会产生源于这些胚胎干细胞的精子。通过让这些小鼠与普通小鼠交配，我们就得到了带有该突变的杂合后代。这些后代的每个细胞里，两个基因副本中都有一个携带了突变。

这些杂合体在绝大多数情况下都是健康的，因为它们第二套未经破坏的基因副本会一直保持正常功能。但令这些杂合体与携带相同突变的兄弟或姐妹交配，就会产生纯合体，即两套基因副本上都携带定点突变的动物个体。这些动物会有异常表现，从而揭示出目标基因在动物组织中正常状态下的功能。

当然，这个过程说起来容易，做起来难。要使其成功实现，我们要先将修改过的胚胎干细胞注射到胚泡期的胚胎中，此时的胚胎还没有附着在母体子宫上。由于我们靠小鼠的毛色来判断该过程是否按计划进行，所以我们选择的胚泡正常情况下发育成的小鼠与胚胎干细胞来源小鼠毛色不同。

这些干细胞从一只携带两套*agouti*基因的棕色小鼠上分离而来。这个基因即使仅存在一个副本，也会使毛干上的黄色色素紧密排列在黑色色素旁边，导致毛发为棕色。（这些色素的产生则受控于其他基因。）

因此，我们通常会选择正常情况下发育为黑色小鼠的胚泡。（如果小鼠从两个亲本处得到的*agouti*基因都是失效的，就会获得黑色的毛发。）随后，我们把包含了修改后胚胎干细胞的胚胎植入代孕母亲体内，使其发育成熟。

如果一切顺利，修改后的胚胎干细胞会在这段时间不断增殖，将全部基因的完整副本传递给它的子细胞。这些细胞与原本的胚胎相混合，形成了小鼠的大多数组织。其结果是，新生小鼠成为了一种嵌合体，即它们身上的细胞同时来自原本的胚胎及外源胚胎干细胞。通过观察身体表面的棕色色块，很容易就可以将它们与普通的黑色小鼠区分出来。而如果小鼠没有携带源于胚胎干细胞的细胞，那么由于缺少正常的*agouti*基因，它们会是全黑的。

不过，仅仅通过观察这些嵌合体，我们无法确定胚胎干细胞是否生成了生殖细胞，而这才是把定点突变传递给后代的载体。我们要进行判断只能靠实验的下一阶段：制造出每个细胞都携带一个突变基因副本的杂合小鼠。要培育这样的小鼠，我们要让上述的嵌合体雄性与缺乏正常*agouti*基因的黑色雌性小鼠交配。如果使卵子受精的精子源自胚胎干细胞，那么子代就会是棕色的（因为这样的精子携带*agouti*基因）。如果精子来自原来的胚泡细胞（缺乏*agouti*基因），子代就是黑色的。

所以，当看到棕色新生小鼠时，我们就知道胚胎干细胞携带的基因已经成功传递给了后代。我们接下来可以让这些杂合的小鼠同胞交配，以产生目标基因的两个副本都有缺陷的下一代小鼠。然而，我们必须首先要识别哪些棕色小鼠携带了一个突变基因副本。要做到这一点，我们可以直接检查DNA，寻找定点突变。当两个杂合小鼠同胞交配后，1/4的后代会携带两个有缺陷的基因副本。通过再次直接分析DNA，我们就可以挑出其中的纯合体，从而找到两个基因副本均具有定点突变的个体。随后仔细检查这些个体，寻找结构、生理或行为上的异常，为探究目标基因的功能提供线索。从复制基因到培育出具有定点突变的小鼠，整个过程需要耗费大约一年的时间。

全世界的实验室现在都在采用这种小鼠基因打靶技术，研究各种生物学问题。自1989年以来，已有超过250个品系、携带不同基因缺陷的小鼠被培育出来。下面举出的这几个新发现的例子，可大概解释一下这些小鼠都提供了哪些重要的信息。

在我自己的实验室，我们一直在研究同源异形基因，或称*Hox*基因

的功能。这些基因作为身体的总开关，保证身体的不同部位，如肢体、器官、头部等，在正确的位置生长并形成正确的形态。对果蝇的*Hox*基因的研究已经为我们了解这类基因的活动提供了很多重要线索，然而仍有大量问题有待解决。比如说，黑腹果蝇只有8个*Hox*基因，而小鼠和人类各有38个。可以推测，*Hox*基因家族的扩增在从无脊椎动物到脊椎动物的演化过程中起到了重要的作用，为形成更复杂的身体提供了更多构件。那这38个基因具体都是做什么的呢？

在基因打靶技术出现前，根本没有办法可以回答这类问题，因为没人发现过在这38个*Hox*基因上发生突变的小鼠或人类。我和同事们正在进行系统性的工作，以探查每个*Hox*基因的功能。之后，我们会尝试着回答，这些基因究竟如何形成交互网络来指导我们身体的形成。

作为该项目的一部分，我们已经发现定点破坏*HoxA*-3基因会导致多种缺陷。携带两个突变基因副本的小鼠会在出生时由于心血管功能障碍而死亡，它的心脏和主要血管发育都是不完全的。这些小鼠的其他组织也存在异常，包括胸腺、甲状旁腺（完全缺失）、甲状腺、脑下部的骨骼和软骨，以及喉部的结缔组织、肌肉和软骨。



左一



左二



右一



右二



新生小鼠（左一）在*HoxA*-3基因的两个副本上都携带定点突变。因此，它的身体会比正常新生小鼠（左二）更卷曲。从突变（右一）和正常（右二）小鼠的组织标本可以看出，突变体缺乏一个胸腺，而且甲状腺异常小。这些缺陷及其他异常都说明，源于早期胚胎上的一个狭窄条带状区域中细胞的组织和器官，它们的发育都需要*HoxA*-3基因的参与。

这些异常多种多样，但它们却有一个惊人的共同点：受影响组织都是由位于同一区域的细胞发育而来，这一区域十分狭窄，位于正在发育的胚胎上部。比如，心脏的雏形在移动到更靠后的胸腔位置前就位于这个区域。看来，*HoxA*-3基因的任务就是监管起源于这个狭窄区域的组织和器官的建构。

令人意想不到的是，通过敲除小鼠*HoxA*-3基因所产生的机体障碍与一种称为迪格奥尔格综合征（先天性胸腺发育不良所致）的人类遗传病十分相似。病人的染色体分析显示，人类*HoxA*-3基因并不是致病的原因。患者体内基因受损的染色体与携带*HoxA*-3的那条完全不同。不过，我们现在知道，与该综合征有关的基因是通过干扰*HoxA*-3基因的激活，或扰乱*HoxA*-3基因启动的生物过程而发挥作用的。现在也已经有了该疾病的小鼠模型，最终很可能为开发治疗方法提供重要线索。这个意料之外的收获再一次证明了基础研究的价值：单纯由于好奇心导致的发现通常会带来非常实际的应用。

和发育生物学家一样，免疫学家也可以从基因打靶技术中获益。目前，他们正应用此项技术破译超过50个基因的功能，这些基因会影响身体中两类最重要的防御细胞——B淋巴细胞和T淋巴细胞的发育和运作。

癌症研究人员同样对这项技术充满期待。研究者往往知道在一种或多种肿瘤中特定基因的突变很常见，但他们并不知道该基因的正常功能。采用敲除技术探究其功能有助于揭示突变基因如何导致恶性肿瘤。

*p*53肿瘤抑制基因就是一个典型的例子。肿瘤抑制基因是一类特殊的基因，其失活会促进癌症的发生和发展。研究者已经在约80%的人类癌症中发现了*p*53基因的突变，但直到最近，我们才开始了解该基因的正常功能。对*p*53基因定点突变的纯合体小鼠进行分析后，研究者发现，*p*53可能扮演了一种相当于看门狗的角色。它会阻止健康细胞分裂，除非后者修复了细胞内的所有DNA损伤。这样的细胞损伤通常是由于频繁的环境损害导致的。缺失功能正常的*p*53基因就等于撤掉了这项保护措施，导致受损的DNA可传递到子代细胞中，并参与癌症的形成。

很多其他疾病也需要通过基因打靶来进行研究。目前已有超过5,000种人类疾病可确定是由基因缺陷引起的。随着致病基因和突变被一一确认，实验人员可以培育具有相同突变的小鼠。这些小鼠模型反过来使我们可以追踪从基因功能障碍到疾病产生这中间的一系列细节过

程。更深入地认识疾病的分子病理学，就有可能开发出更有效的疗法。例如，有的研究者正在培育携带了囊性纤维化基因的多种不同突变的小鼠模型。

动脉粥样硬化是诱发中风和心脏病的主要原因之一，研究者也开始采用基因打靶技术来研究这种疾病。和囊性纤维化不同，动脉粥样硬化并不是由单一基因的突变导致的。一系列基因缺陷和多种环境因素共同作用，促进了动脉中斑块的堆积。不过，通过修改与甘油三酯和胆固醇的处理过程有关的基因，研究者已经得到了很有前景的小鼠模型。导致中风和心脏病的另一个元凶是高血压，现在，与其形成有关的基因正在鉴别中，我估计，高血压的小鼠模型也将很快出现。

随着对基因致病的认识越来越深入，人们对通过基因疗法修改这些缺陷的期望也越来越高。目前，基因治疗所用的技术主要还是把健康基因随机插入染色体中，以补充受损的版本。但插入的基因通常无法像在正确位置上那样高效地工作。从理论上说，基因打靶能够解决这个问题。然而，在该技术能被用于修正病人组织中的缺陷基因之前，研究人员还需要建立能够参与成年个体组织形成的细胞群落。这样的细胞和本研究中用到的胚胎干细胞一样，都被称为干细胞，存在于骨髓、肝脏、肺、皮肤、肠道和其他组织中。但分离并培育这些细胞的研究仍处于起步阶段。

要把基因打靶技术广泛应用到基因治疗中还需要解决很多技术难题。在这些难题被攻克之前，基因打靶会先在哺乳动物神经生物学研究中大显身手。目前，研究者已经培育出带有某些定点突变的小鼠，这些突变可改变它们的学习能力。随着更多与神经相关的基因被发现，研究发展的步伐也必然会大大加快。

我们可以预见，基因打靶技术仍将得到不断改进，但现在它已经为操控哺乳动物基因组创造了大量的机会，而仅仅在数年前，这还是完全无法想象的。为了破解复杂生物过程，如哺乳动物发育和学习等背后的机制，研究人员必须竭尽自己的才智，谨慎决定该修改哪个基因，用什么方式改造基因才能得到信息量最大的答案。基因打靶技术极大地拓展了基因操控的可能性，对其最大的限制，或许就是我们有限的想象力吧。

扩展阅读

The New Mouse Genetics: Altering the Genome by Gene Targeting. M. R. Capecchi in *Trends in Genetics,* Vol. 5, No. 3, pages 70–76; March 1989.

Altering the Genome by Homologous Recombination. M. R. Capecchi in *Science,* Vol. 244, pages 1288–1292; June 16, 1989.

Regionally Restricted Developmental Defects Resulting from Targeted Disruption of the Mouse Homeobox Gene *Hox*-1.5. O. Chisaka and M. R. Capecchi in *Nature*, Vol. 350, No. 6318, pages 473–479; April 11, 1991.

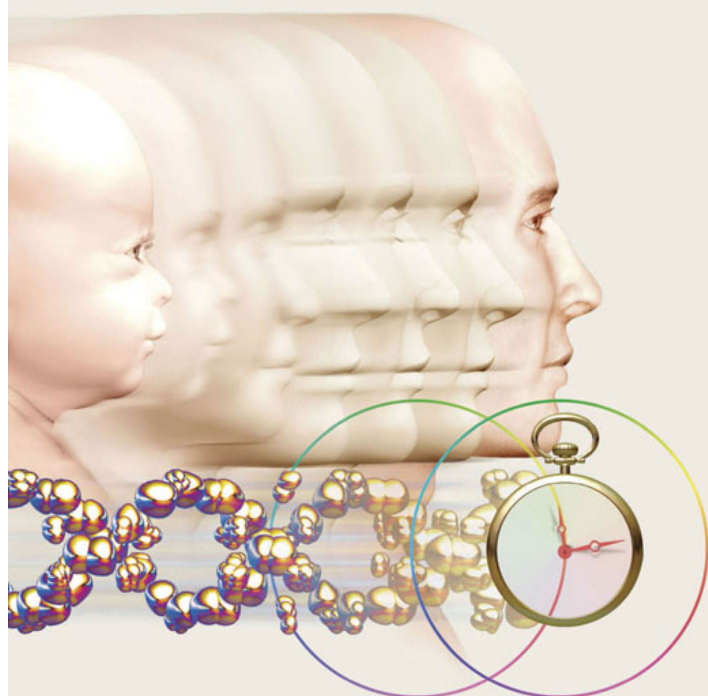
端粒、端粒酶与癌症

端粒酶可以修复染色体末端的端粒。目前，人们已经在很多人类肿瘤中发现了这种酶，因此它有可能成为癌症治疗的新靶点。

撰文／卡罗尔·格雷德（Carol W. Greider）
伊丽莎白·布莱克本（Elizabeth H. Blackburn）
翻译／冯志华



本文作者伊丽莎白·布莱克本和卡罗尔·格雷德因发现端粒和端粒酶如何保护染色体，获得2009年诺贝尔生理学或医学奖。本文刊发于《科学美国人》1996年第2期。



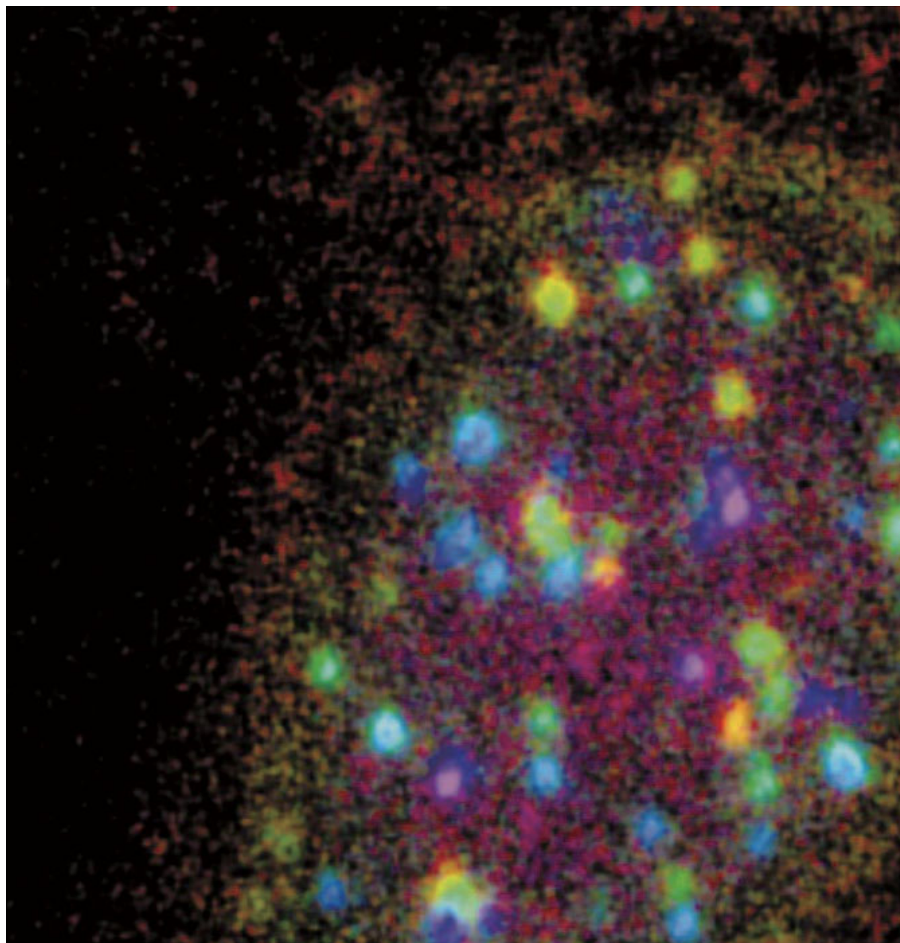
卡罗尔·格雷德，美国分子生物学家，约翰斯·霍普金斯大学分子生物学与遗传学系教授。1983年加入伊丽莎白·布莱克本的实验室，两人开始合作。主要从事端粒领域的研究工作，发现了有助于端粒保持长度和完整的端粒酶。

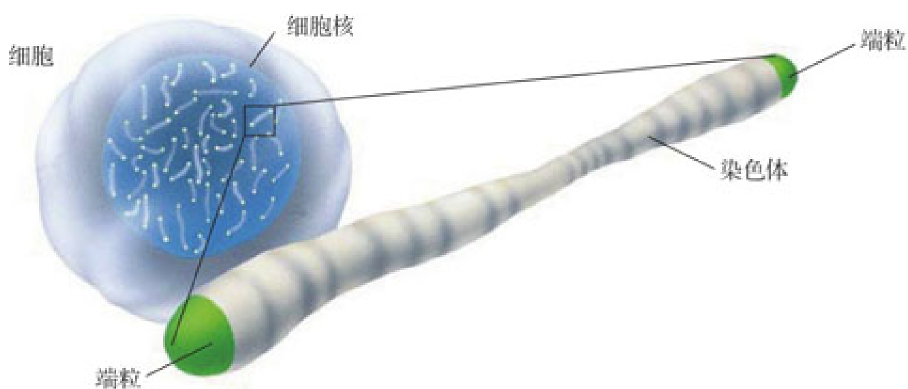
伊丽莎白·布莱克本是加利福尼亚大学旧金山分校生物学与生理学教授。在对癌细胞的研究中发现端粒与端粒酶的作用，这些研究成果对癌症及其他疾病的研究具有重要影响。

在自然界，“表里不一”的事物比比皆是。海底的一块石头可能是条有毒的鱼，而公园里一朵美丽的花可能是一只等待猎物的肉食性昆虫。细胞内的某些成分同样会表现出这样的“表里不一”，包含基因的DNA长链——染色体就是如此。人们一度认为染色体末端的DNA是处于静态的，但实际上，在科学家研究过的大多数生物体内，这些被称为端粒的末端DNA序列一直在周而复始地缩短和延长。

从1982年至本文刊发时的15年时间里，科学家一直在研究这种出人意料的端粒，并得到了大量惊人的发现，特别是发现了一种极不寻常的、作用于端粒的酶，即端粒酶。研究者认为，人类的许多肿瘤都需要端粒酶才能维持下去。根据这样的发现，他们推测，能够抑制端粒酶活性的药物或许可以对抗多种癌症。除此之外，有关端粒的研究还让人意识到：端粒长度的改变可能在人体细胞的衰老过程中发挥着作用。

研究者对端粒及端粒酶的兴趣源于20世纪30年代的一些实验。这些实验分别由位于美国哥伦比亚的密苏里大学的芭芭拉·麦克林托克（Barbara McClintock）和英国爱丁堡大学的赫尔曼·马勒（Hermann J. Muller）主持开展。这两位著名的遗传学家研究的物种并不相同，但他们都意识到末端序列的存在是为了维持染色体的稳定。马勒将这段序列命名为端粒（telomere），源自希腊语“*telos*（末端）”和“*meros*（部分）”。而麦克林托克指出，如果没有这些末端的“帽子”结构，染色体会彼此粘连，结构也会发生改变，无法正常行使其功能。这些错误会威胁到染色体的存在与准确复制，继而影响到其宿主细胞的生存与分裂。





端粒是一种位于染色体末端的帽子结构，它有助于防止染色体彼此粘连，并维持其稳定性。在上面这幅显微照片中，亮色突出部分为人类皮肤细胞中的端粒。该照片是在共聚焦激光扫描显微镜下拍摄而成的，由细胞核的不同光学切面叠加而成。不同的颜色代表了不同的切面深度。

然而，直到20世纪70年代，研究者才搞清楚端粒的准确构成。1978年，本文作者之一布莱克本与耶鲁大学的约瑟夫·高尔研究发现，四膜虫（一种体表有纤毛，常栖居于池塘中的单细胞生物）体内有一段非常短的简单核苷酸序列，即TTGGGG，重复出现了很多次。（核苷酸是DNA的基本构成单位，根据其中包含碱基的不同可分为几种，通常用代表碱基的英文字母表示。T代表胸腺嘧啶，G则代表鸟嘌呤。）

自那时起，科学家在多种动物、植物和微生物体内都发现了端粒。不仅四膜虫是这样，包括小鼠、人类和其他脊椎动物在内，几乎所有生物的端粒都含有这种重复的富含T和G的核苷酸序列。例如，人类和小鼠端粒中的重复序列是TTAGGG，线虫则是TTAGGC。（A代表腺嘌呤，C代表胞嘧啶。）

寻找端粒酶

当下，端粒酶无疑是研究的焦点。科学家是在比较端粒长度时发现这种酶的，同时他们也注意到，端粒酶有可能解决生物学领域由来已久的一个谜题。20世纪80年代早期，研究者已经发现，出于某些未知的原因，不同物种甚至同一物种的不同细胞之间，端粒中重复序列的数目都存在差异。而且，就一个细胞而言，随着时间的推移，重复序列的数目也会出现波动（不过，在每个物种的端粒中，重复序列的数量都有一个平均值，比如四膜虫的重复序列平均为70个，人类为2,000个）。端粒重复序列数量的这种差异性，促使当时已转到加利福尼亚大学伯克利分校的布莱克本与哈佛大学的杰克·绍斯塔克（Jack W. Szostak）、伯克利分校的同事贾妮斯·莎姆佩（Janis Shampay）共同提出了一个解释末端复制问题的新方法。

众所周知，细胞在分裂时必须精确复制基因，以使子代细胞各自获得一份完全相同的基因拷贝，这其中便存在末端复制问题。如果子代细胞没有得到一整套完整无误的基因，那么它很有可能出现问题并死亡。（基因是一段核苷酸序列，在一定条件下可以转录为RNA，继而翻译成蛋白质，也就是会行使绝大部分细胞功能的分子。基因零散地分布在染色体两个端粒之间的DNA链中。）

1972年，在哈佛大学和科尔德斯普林实验室工作的詹姆斯·沃森（James D. Watson）指出，负责DNA复制的DNA聚合酶无法从头到尾完整地复制染色体，因为在这种复制机制下，染色体末端总会有一小段

序列（端粒的一部分）无法复制。从理论上讲，如果细胞无法补上这一小段，那么每经历一轮复制，染色体都要缩短一些。最终，经过若干代分裂后，端粒和一些重要基因将消失殆尽，而细胞会走向死亡，这个细胞所代表的细胞系也就宣告终结。显而易见，所有单细胞生物都会有相应的机制以对抗端粒缩短，否则它们在很早以前就灭绝了。多细胞生物赖以繁衍的生殖系细胞（比如精子和卵子的前体细胞）同样也是如此，那么这些细胞如何保护自己的端粒呢？

布莱克本、绍斯塔克和莎姆佩认为，端粒长度的起伏不定实际上是细胞试图维持端粒大致长度的标志。的确，端粒在细胞分裂期间会缩短，但随后会通过添加新合成的端粒亚单位而得以延长。研究者们推测，这些后来增补上的重复序列可能是某一未知酶作用的结果，而这种酶有着一般的DNA聚合酶所没有的功能。

细胞的染色体包含两条相互交织缠绕的DNA长链，在染色体进行复制时，双螺旋结构的DNA会解开，分成两条单链。DNA聚合酶继而以这些DNA单链为模板，合成子代DNA链。研究者猜测，在复制过程中，那种特殊的酶可以在不依赖现有DNA模板的情况下，“无中生有”地延长单链DNA。

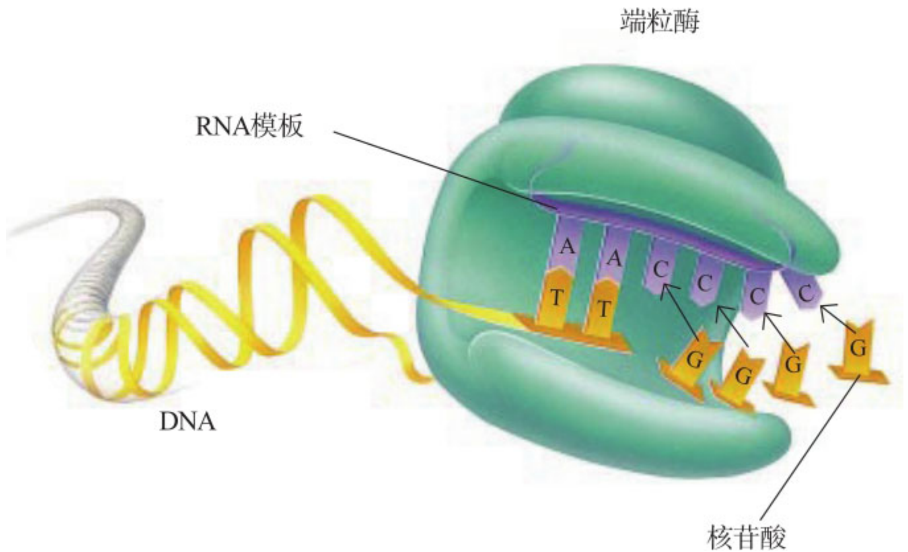
1984年，在伯克利分校布莱克本的实验室，我们两人开始着手探索假想中的、能够延长端粒长度的酶是否真的存在。令人高兴的是，我们最终发现了它。当我们将人工合成的端粒与四膜虫的细胞提取物混合在一起后，人造端粒获得了额外的亚单位，这一现象与端粒酶存在的假说完全吻合。

在接下来的几年内，我们与其他同事一起，对端粒酶的工作机制有了更多了解。与所有聚合酶，或者说与所有的酶一样（核酶除外），端粒酶的主要成分是蛋白质，行使功能时也主要依靠这些蛋白质。端粒酶的独特之处在于，它还拥有一个RNA分子（DNA的“近亲”）。这段RNA包含了用于合成端粒亚单位的重要核苷酸模板。端粒酶会通过自己的RNA结合到一条DNA链的末端，这样可以让端粒的模板紧邻DNA链末端。而后，端粒酶每次会在DNA末端添加一个核苷酸，直至形成一个完整的端粒亚单位。当端粒亚单位合成完毕后，端粒酶便会结合到另一条新生的染色体末端，再次启动合成过程。

端粒酶与人类衰老

1988年，本文作者之一格雷德离开加利福尼亚大学伯克利分校，去了科尔德斯普林实验室。此后，我们两位作者的团队与其他研究者相继在不同于四膜虫的纤毛虫、酵母、青蛙及小鼠体内发现了端粒酶。1989年，耶鲁大学的格雷格·莫林（Gregg B. Morin）第一次在一种人类肿瘤细胞系（可以在培养皿中长期连续传代培养的肿瘤细胞）中发现了端粒酶的踪迹。如今可以说，几乎所有的有核细胞的生物体内都会合成端粒酶。不同物种的端粒酶的具体构成不同，但每种都带有一段该物种特有的RNA模板，用于构建端粒的重复序列。

端粒酶对许多单细胞生物的重要性毋庸置疑。由于这类生物可以无限制地分裂下去，因此除非发生意外事件或遗传学家从中干预，从某种意义上讲，它们几乎是不会死的。1990年，布莱克本研究团队的成员余国良（Guo-Liang Yu）发现，四膜虫需要端粒酶来维持“不死状态”。当酶发生改变时，端粒则缩短，细胞便会死亡。布莱克本团队与其他研究者在酵母中也发现了缺乏端粒酶的细胞端粒缩短并死亡的现象。不过，人体包含的细胞类型纷繁万千，比四膜虫或酵母复杂很多，那么端粒酶在人体中究竟扮演何种角色？

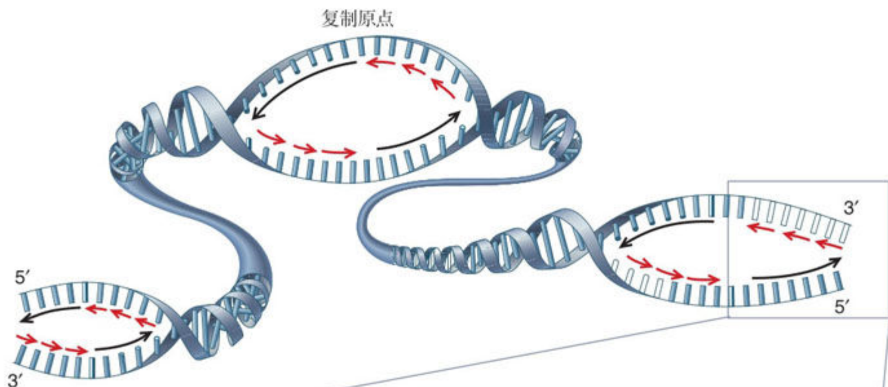


端粒酶自带合成端粒DNA的模板（紫色部分）。四膜虫的端粒酶在合成端粒时，会把TTGGGG序列（深黄色部分）与染色体结合，而后添加与模板互补的核苷酸，也就是说A与T相互补，G与C相互补。

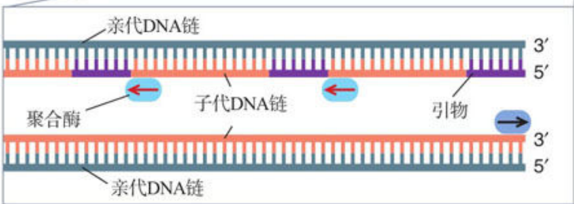
末端复制问题

所谓末端复制问题是指DNA复制的标准机制不足以完成染色体复制。当DNA聚合酶在复制染色体中的DNA双链时，得到的子代DNA的5′末端通常会短一小段。如果细胞的复制机制无法补上这段缺损的话，染色体将会不可逆地逐渐缩短。不过，科学家在20世纪80年代初发现了端粒酶的存在，该酶具有延长端粒的作用，因而可以解决末端复制问题。

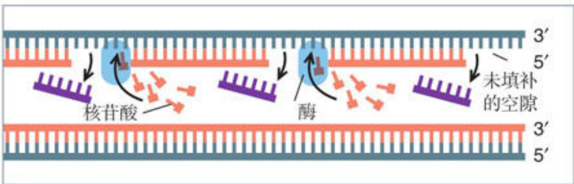
1. 染色体的复制起始于复制原点，这是一个高度有序的过程。在此处，亲代DNA双链解旋分开，并开始子代DNA链的合成。黑色箭头处的染色体片段是连续复制而成的，而红色箭头处的染色体片段其复制过程是不连续的。



2. 解旋分开后的亲代DNA单链可作为子代DNA链合成的模板。子代DNA链是以一些作为引物的小片段RNA延伸为若干DNA片段的方式合成。



3. 其他酶类会将引物移除，并填补相邻片段间的空隙。



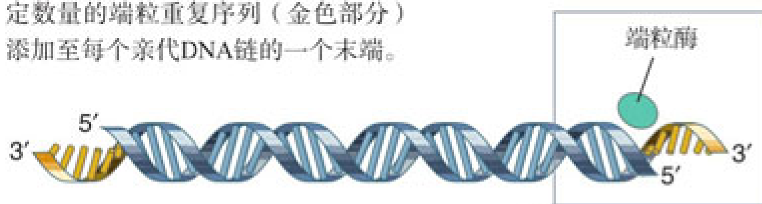
4. 不过这些酶无法填补子代DNA链每一个5′末端处的缺失部分。



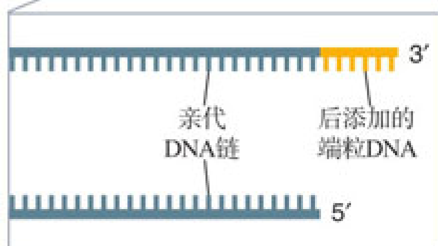
端粒酶是如何解决末端复制问题的？

端粒酶解决末端复制问题的流程之一大致是这样的：在复制开始之前，端粒酶会将一小段DNA添加至染色体的末端。这段添加的DNA包含一个或多个端粒亚单位——端粒中的一段又一段的重复序列。这一机制可确保子代DNA链与亲代在长度上等同。

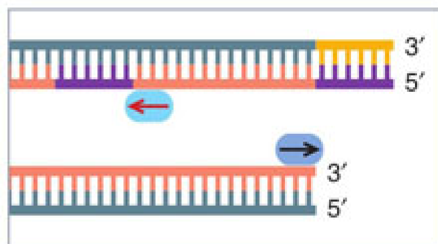
1．在复制开始之前，端粒酶会将一定数量的端粒重复序列（金色部分）添加至每个亲代DNA链的一个末端。



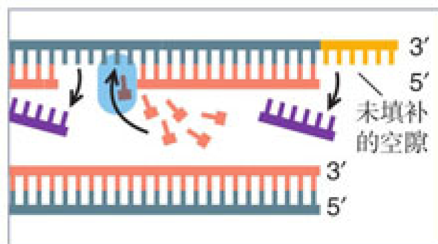
2．亲代DNA双链彼此解离。



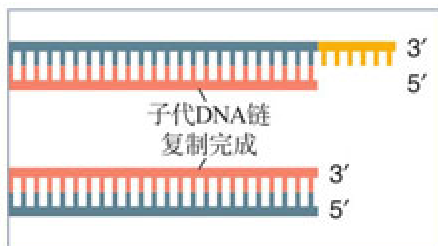
3．子代DNA链依照常规机制进行合成。



4．移除引物并填平间隙。



5．子代DNA链完成复制，且与亲代DNA链（灰色部分）长度相等。



令人吃惊的是，在整合了费城的研究者开始于25年前的一些研究后，格雷德等人在20世纪80年代末发现，很多人体细胞中缺乏端粒酶。

在20世纪60年代之前，人体细胞曾被认为可以无限分裂。不过，威斯塔研究所的伦纳德·海弗利克（Leonard　Hayflick）与其合作者明确证实，这一看法是错误的。现在我们知道，取自新生儿的体细胞（非生殖系细胞）通常可以在体外培养基中分裂80～90次，而从70岁的老年人体内取得的细胞只能分裂20～30次。当原本可以分裂的人体细胞停止复制，或者用海弗利克的话说，进入“衰老”状态时，它们不仅会发生形态变化，功能也比“年轻”的时候弱，而且过一段时间就会死亡。

20世纪70年代，苏联科学家奥洛夫尼科夫（A.　M.　Olovnikov）将这类细胞分裂程序性终止的现象与末端复制问题联系起来。他提出，人类体细胞可能并不会纠正细胞DNA复制导致的染色体变短问题。或许，细胞觉察到染色体已经变得过短时就会停止分裂。

直到1988年，我们两人才得知奥洛夫尼科夫提出的观点。当时就职于麦克马斯特大学的卡尔文·哈利（Calvin B. Harley）对这些想法的介绍引起了格雷德的关注。随后，格雷德、哈利及其同事决定检验一下人体细胞中的染色体是否会随着年龄增长而逐渐变短。

果不其然，他们检测发现，大多数正常的体细胞在体外培养的过程中，端粒的长度的确会随着细胞分裂而缩短，而这正是端粒酶失活的标志。他们与英国爱丁堡的医学研究理事会（MRC）的尼古拉斯·黑斯蒂（Nicholas D. Hastie）研究组都发现，在一些正常人体组织中，端粒长度会随着人们年龄的增长而缩短。值得庆幸的是，来自英国医学研究理事会的研究者霍华德·库克（Howard　J.　Cooke）发现，在生殖系细胞中，端粒依然保持完整。这些结果表明，人体细胞或许是根据端粒重复序列的丢失数量来计算分裂次数的。当端粒长度降低至某一关键值时，细胞即会停止分裂。不过在本文刊发时研究者尚未找到支持这一观点的确凿证据。

那么，端粒的缩短及细胞增殖能力的日渐衰弱有可能导致人类衰老吗？这或许并非主要原因，毕竟就人的寿命来说，细胞的可分裂次数应该是大于它需要分裂的次数的。不过，由于处于衰老状态细胞的存在，老年人的机体功能有时会有所衰退。例如，局部创伤康复时，如果伤处可用于生成新皮肤的细胞数量不足的话，那么损伤修复能力就会受到影响。另外，特定种类白细胞数量减少，还会导致免疫力因年龄增长而下降。动脉粥样硬化也是这样，动脉粥样斑块常见于血管壁受损之处。可想而知，频繁受损处的细胞迟早会“耗尽”自己的复制能力，最终导致血

管没有可以顶替的细胞。这样的损害持续存在的话，动脉粥样硬化就会发生。

端粒与癌症

一些研究者猜测，缺乏端粒酶的人体细胞丧失增殖能力，这个功能演化出来可能并不是为了让我们自己衰老，而是为了避免患上癌症。当一个细胞发生多种基因突变，在复制和迁移时不再受正常调控机制的控制时，癌便会出现。随着这个细胞及其后代不受控制地增殖，它们会侵入并破坏周边的组织。还有一些甚至会离开原发病灶，迁移至身体其他部位，在机体远端建立新的转移灶。从理论上讲，缺乏端粒酶会令持续分裂的细胞丧失端粒，在造成危害前死亡，从而抑制肿瘤的生长。如果癌细胞可以制造端粒酶，那么它们就可以维持端粒长度，无限期地生存下去。

早在1990年，已有研究者开始探讨，端粒酶或许对人类癌症的持续存在有重要作用，但具有说服力的证据直到20世纪90年代中期才出现。1994年，克里斯托弗·康特（Christopher M. Counter）、西尔维娅·巴凯蒂（Silvia Bacchetti）、哈利及其在麦克马斯特大学的同事证明，端粒酶不仅在实验室里传代培养的肿瘤细胞系中存在，在人体内的卵巢癌组织中同样存在。已经加入位于美国加利福尼亚州门洛帕克的杰龙公司的哈利和位于美国达拉斯的得克萨斯大学西南医学中心的杰里·谢伊（Jerry W. Shay）领导的研究小组一年后在101例人类肿瘤样本（涵盖12种肿瘤）中，检测到90例存在端粒酶，而在50例正常体细胞组织样本（涵盖4种组织）中，没有检测到1例存在端粒酶。

实际上，在获得这一证据之前，研究者已经开始深入探索端粒酶在癌症中的作用。这些工作表明，当限制细胞增殖的“刹车”机制失效后，端粒酶便会在细胞中被激活。

第一个线索是由洛克菲勒大学的蒂蒂亚·德兰格（Titia de Lange）和黑斯蒂的研究组分别发现的。1990年，他们报告了自己的研究结果：人类肿瘤中的端粒长度比其周围的正常组织中的短。这一结果颇具戏剧性，也非常令人迷惑。

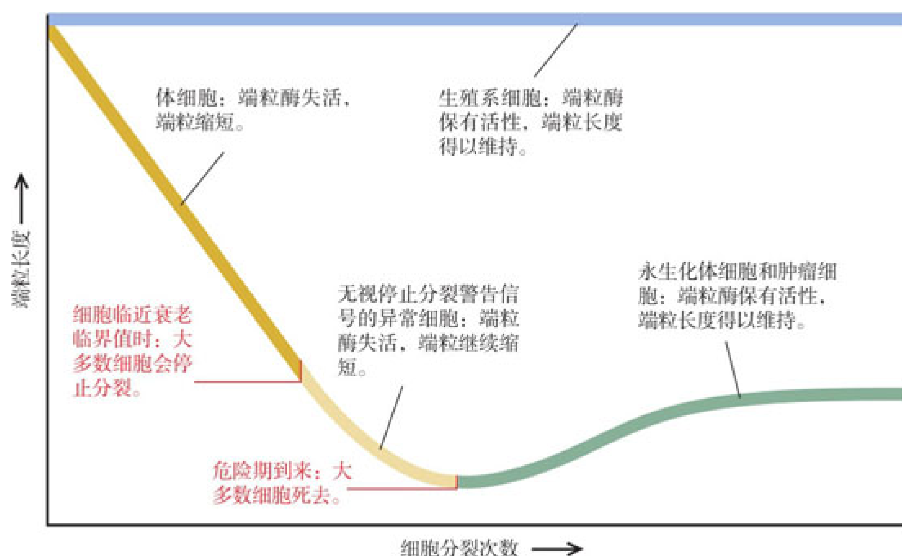
格雷德、巴凯蒂及哈利等人开展的一系列研究揭示了为何癌细胞的端粒如此之短。他们诱导人类正常细胞产生一种病毒蛋白，令细胞对停止分裂的警告信号视而不见。正常情况下，经过若干代的增殖，细胞本

应进入衰老状态，然而在超越了本应进入的衰老阶段后很久，经过处理的细胞仍会持续分裂。大多数细胞的端粒会大幅度缩短，并且检测不到端粒酶，这些细胞最终会死亡。然而，有一些细胞却能够穿越“生死线”，获得永生。这些永生的“幸存者”，不但端粒的长度极短，而且还含有端粒酶。

这些结果暗示，癌细胞端粒比较短的原因是，它们只有在开始不受控制地复制后，才会合成出端粒酶。而在那时，细胞应该已经丢失了大量端粒亚单位。端粒酶最终激活后，在酶的作用下，已经严重缩短的端粒得以稳定，这使得已经过度增殖的细胞得到永生。

根据上述发现和其他人的研究，研究者建立了一个人体正常及恶性状态下端粒酶激活的模型。该模型虽然颇有吸引力，但仍是个假说。根据该模型，处于发育期的胚胎，生殖系细胞会正常产生端粒酶。然而，一旦机体发育成熟，多数体细胞的端粒酶会遭到抑制。这类细胞在分裂增殖时，端粒便会缩短。当端粒长度下降到特定临界值时，细胞就会收到停止分裂的信号。

然而，一些致癌突变会阻断这类安全预警信号的发出，或令细胞无视这些信号。这会使细胞绕过正常的衰老进程，继续分裂。细胞内的端粒序列应该会继续减少，继而导致染色体发生改变，这有可能进一步导致致癌突变的发生。当端粒完全丢失或几近完全丢失时，细胞就会抵达崩溃及死亡的终点。



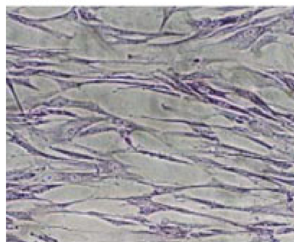
人体端粒长度调节模型显示，生殖系细胞（例图左边的蓝色曲线）会产生端粒酶，端粒可维持在一定长度。与此相反的是，许多体细胞或非生殖系细胞（深黄色曲线）有可能缺乏端粒酶。这样一来，它们的端粒便会随着时间的流逝而缩短。最终，绝大多数体细胞会进入到衰老状态。此时，它们会停止分裂，并发生一系列改变。然而，一些异常细胞（浅黄色）则有可能继续分裂。这类细胞很多会丧失端粒重复序列，并在危险期到来时死亡。但这时，一些“精神错乱”的细胞（绿色曲线）开始产生端粒酶，并且无限制地增殖。这一特性见诸于许多肿瘤细胞，被称为永生化。

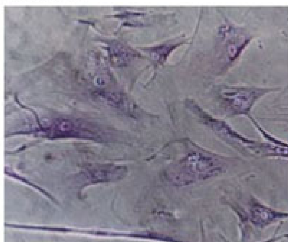
但是，如果在危险期到来之前，基因紊乱导致细胞开始制造端粒酶，那么细胞的端粒就不会完全丢失，取而代之的是，较短的端粒得以挽救并维持。在这种情况下，基因被扰乱的细胞将会获得癌细胞的永生特性。

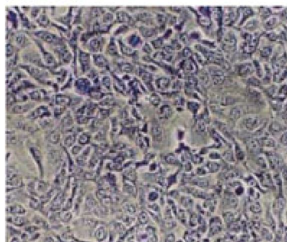
这个模型已得到了研究的广泛支持，但事情总有例外。某些晚期肿瘤细胞中就不含端粒酶，而一些特定类型的体细胞，如包括巨噬细胞和淋巴细胞在内的白细胞中却可产生端粒酶。不过，总的来说，综合目前的证据，许多肿瘤细胞的确需要端粒酶以保持无限分裂的能力。

端粒与癌症治疗

端粒酶存在于许多人类肿瘤中，而在正常细胞中则没有。这一现象意味着，端粒酶可能是抗癌药物的良好靶点。一些可抑制端粒酶的药物或许能在不影响正常细胞功能的情况下，使端粒缩短并消失，从而杀死肿瘤细胞。与之不同的是，现有的大多数抗癌疗法同时攻击恶性细胞和正常细胞，通常具有相当的毒性。除此之外，由于大量肿瘤细胞内都有端粒酶存在，因此这类药物或许还可达到广谱抗癌的效果。







上图分别展示了年轻体细胞（左）、衰老细胞（中）和永生化的肿瘤细胞（右）。

如今，许多制药公司和生物技术公司正在积极探索这些激动人心且

有望实现的治疗方法。但是，仍有大量问题需要得到解答。例如，研究者需要确认，还有哪些正常细胞（除了之前鉴定的一小部分外）会产生端粒酶，并需要评估端粒酶对这些细胞的重要性。如果端粒酶至关重要，那么抑制酶活性的药物实际上就有着令人无法承受的毒性。不过，由于在某些肿瘤细胞中，端粒本身就比较短，端粒酶抑制剂或许可以规避这个问题。相对肿瘤细胞而言，正常细胞的端粒要长许多，因此在端粒酶抑制剂对后者有不良影响之前，即可将前者杀灭。

研究者还需要证明，通过抑制端粒酶的确可以如预期的那样摧毁制造端粒酶的肿瘤。1995年9月，哈利、格雷德和他们的合作者证明，端粒酶抑制剂会使体外培养的肿瘤细胞的端粒缩短。在这种抑制剂的作用下，肿瘤细胞在约25个分裂周期后死亡。不过，当时还在加利福尼亚大学旧金山分校的布莱克本和她的研究组发现，细胞有其他应对端粒酶失活的机制，比如通过重组（一条染色体从另一条染色体获得DNA序列）等方式修补自身缩短的末端。一旦替代方式激活，人类肿瘤中将频繁启动“端粒拯救”通路。这样一来，以端粒酶为靶点的疗法就会失败。

动物研究将有助于解决研究者关心的问题，而且还能弄清楚，端粒酶抑制剂是否能在活体组织中杀灭肿瘤，杀灭速度是否快到足以阻止肿瘤伤及重要组织。

为了研发出能在人体内抑制端粒酶的药物，研究者必须更加清楚地了解端粒酶行使功能的细节。这种酶是怎样与DNA结合的？它是怎样“决定”该添加多少端粒亚单位的？细胞核中的DNA“镶嵌”着各式各样的蛋白质，其中一些专门与端粒结合。在调控端粒酶活性的过程中，端粒结合蛋白发挥着怎样的作用？这些蛋白质的活性发生改变是否会破坏端粒的延长？有许多分子会影响端粒的长度，在接下来的10年间，我们期望能对这些影响端粒长度的分子间的相互作用有更多的了解。

对端粒长度调控机制的研究不只是有助于开发新的癌症疗法。比如，有一种目前常用的基因疗法是先将患者体内的细胞提取出来，插入治疗基因后再输回到患者体内。这种方法可以治疗多种疾病，不过在实验室条件下，经过提取的细胞增殖效率很低。如果能导入端粒酶或联合其他手段，或许能临时性地提高细胞的复制能力。这样一来，便可向患者提供大量治疗细胞。

从最早在四膜虫的染色体末端发现重复的DNA序列算起，科学家对端粒的研究已经取得了很大进展。端粒酶延长端粒的功能起初被认为不

过是一些单细胞生物维持染色体稳定的一种机制。实际上，这一机制远非其看上去那样简单，对于大多数有核细胞动物而言，端粒酶是细胞保护染色体末端序列的主要方法。对端粒酶的内在机制的研究，可能会催生出对抗多种癌症的革命性疗法。

20世纪80年代早期，科学家研究四膜虫的染色体保护机制之时，并不是为了寻找潜在的抗癌疗法。端粒酶的研究提示我们，在探索自然的过程中，没有人能够预测重大发现会在何时何地浮出水面。你永远无法预料自己找到的石头是不是会变成一块宝石。

扩展阅读

Identification of a Specific Telomere Terminal Transferase Activity in *Tetrahymena* Extracts. Carol W. Greider and Elizabeth H. Blackburn in *Cell*, Vol. 43, Part 1, pages 405–413; December 1985.

***In Vivo* Alteration of Telomere Sequences and Senescence Caused by Mutated *Tetrahymena* Telomerase RNAs.** G.-L. Yu, J. D. Bradley, L. D. Attardi and E. H. Blackburn in *Nature*, Vol. 344, pages 126–132; March 8, 1990.

Telomerase, Cell Immortality and Cancer. C. B. Harley, N. W. Kim, K. R. Prowse, S. L. Weinrich, K. S. Hirsch, M. D. West, S. Bacchetti, H. W. Hirte, C. W. Greider, W. E. Wright and J. W. Shay in *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, Vol. 59, pages 307–315; 1994.

Telomeres. Edited by E. H. Blackburn and C. W. Greider. Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1995.

重返生命源头

新线索暗示了第一个活的有机体怎样起源于无机质。

撰文 / 阿隆索·里卡多（Alonso Ricardo）

杰克·绍斯塔克（Jack W. Szostak）

翻译 / 黄冰

审校 / 金由辛



本文作者之一杰克·绍斯塔克因发现端粒和端粒酶如何保护染色体，获得2009年诺贝尔生理学或医学奖。本文刊发于《科学美国人》2009年第9期。

本文译者黄冰，生物化学与分子生物学专业博士，2009年毕业于中科院上海生命科学研究院生物化学与细胞生物学研究所，师从金由辛研究员。

本文审校金由辛，研究员，时任中科院上海生命科学研究院生物化学与细胞生物学研究所学术委员会副主任，致力于非编码RNA的调控作用的研究。


A
U
G
C

阿隆索·里卡多出生于哥伦比亚西部城市卡利，是哈佛大学霍华德·休斯医学研究所的助理研究员。他对生命的起源一直保有兴趣，本文刊发时正在研究能自我复制的化学系统。

杰克·绍斯塔克是波士顿哈佛医学院和马萨诸塞综合医院的遗传学教授。令他感兴趣的研究是在实验室构建生物结构，以此来检验我们对生物体生理活动方式的理解。该研究最早可以追溯到他于1987年11月出版的《科学美国人》上发表的关于人工染色体的文章。

每一个活细胞，哪怕是最简单的细菌，都拥有设计巧妙的分子装置体系，这让纳米技术学家羡慕不已。随着这些装置不停地在细胞内振动、旋转或蠕动，它们剪切、粘贴和拷贝遗传分子，运输营养物质或将它们转变成能量，构建和修补细胞膜，传达机械信息、化学信息或电信息——这种过程不断持续。对这种过程的研究也不断有新的发现。

我们实在无法想象，37亿年前生命从无生命物质中诞生时，这些细胞的装置（主要是由蛋白质组成的被称为酶的催化剂）是如何自发形成的。不可否认，在合适的条件下，一些较为简单的化学物质容易形成某些蛋白质的构成要素，即氨基酸。美国芝加哥大学的斯坦利·米勒（Stanley L. Miller）和哈罗德·尤里（Harold C. Urey）在20世纪50年代的开创性实验中已经证明了这一点。但是从氨基酸到蛋白质和酶则是另一回事。

细胞合成蛋白质的过程十分复杂：酶先要解开DNA双螺旋的双链，提取出基因所含的信息（这是蛋白质合成的蓝图），翻译成最终产物。如此一来，解释生命的起源问题必然伴随着一个悖论：似乎是蛋白质，以及现在存储于DNA里的信息，在制造蛋白质。

从另一方面看，如果第一个生物体根本不需要蛋白质的话，这种矛盾就不再存在。最近的一些实验表明，类似于DNA或类似于其“近亲”RNA的遗传分子有可能自发形成。因为这些分子可以卷曲成不同形状，起到原始催化剂的作用。它们或许不需要蛋白质参与，就有能力自我拷贝，也就是繁殖。由脂肪酸组成的简单膜，也被认为是一种可以自发形成的结构，它包裹着水和这些能够自我复制的遗传分子——这可能就是生命的最初形式。这些遗传物质可以编码那些世代相传的性状，正如DNA在所有现存生物中所做的那样。拷贝过程中随机出现的偶然突变可以促进进化，也可以使这些“早期细胞”适应环境，彼此间相互竞争，

从而最终进化成我们所知的生命形式。

地球生命的起源

- 研究者们已经找到一种途径，早期地球上存在的化学物质可能通过该途径形成遗传分子RNA。
- 其他实验支持这种假说，认为含有类似于RNA分子的原始细胞能够自发组装、复制和进化，产生所有生命。
- 目前，科学家正打算在实验室创造出能完全自我复制的人造生物体，这样就能通过再次实现生命的诞生来了解生命最初是如何诞生的。

第一个生物体的真实性质和生命起源的确切环境，可能永远都不可考证。但研究至少可以帮助我们了解有哪些可能性。最终的挑战就是，构建一个能够复制和进化的人造生物体。重新创造生命无疑有助于我们了解生命如何起始，评估它存在于其他星球的可能性，从而最终了解生命到底是什么。

如何开始

围绕生命起源的一个最困难也最有趣的谜题就是，存在于早期地球上的较简单分子如何形成这些遗传物质。从现代细胞中RNA的功能来看，RNA的出现似乎早于DNA。现代细胞合成蛋白质时，它们先把基因从DNA转录成RNA，然后以RNA为蓝图合成蛋白质。一开始，最后一步可能独立存在。后来，由于DNA化学稳定性极高，因而成为更加固定的信息存储载体。

研究者还有另一个理由认为RNA的出现早于DNA。由RNA构成的酶被称为核酶，它在现代细胞中也发挥着关键作用。核糖体由RNA和蛋白质构成，功能是将RNA翻译成蛋白质。其中，催化蛋白质合成的主角正是RNA。因此，我们每一个细胞的核糖体都携带着来自原始RNA世界的“化石”证据——核酶。

因此，许多研究的重点都是寻找RNA的起源。DNA和RNA这两种遗传分子都是多聚体（由更小的分子成串组成），基本组成单位是核苷酸。核苷酸有三种组分：糖、磷酸和碱基。碱基共有四种，它们就是核酸用于编码遗传信息的“字母”。在DNA中，这些“字母”是A、G、C和T，分别代表腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶和胸腺嘧啶。而在RNA中，除

了“字母”U（尿嘧啶）取代了T（见第221页上图）外，其余“字母”都相同。碱基为富氮化合物，它们按照简单的原则而相互结合：如A与U（或T）配对，G与C配对。这样的配对构成了螺旋状DNA“梯子”（即双螺旋）的台阶，而且它们之间的特异性配对，对于精确复制遗传信息非常关键。因为只有这样，细胞才能复制。与此同时，磷酸根和糖分子组成DNA或RNA链的“骨架”。

经过一系列步骤，氰化物、乙炔和水可以自我组装成碱基——这些简单分子存在于地球早期的原始物质中。简单的起始物质也易于装配成糖。100多年前，研究者就已经知道，加热甲醛的碱性溶液就可以得到多种糖分子混合物。而在早期行星上，是可以找到甲醛的。问题是如何得到合适的糖（如RNA的核糖）来制造核苷酸。发生在简单的二碳糖和三碳糖间的分子间反应，可以形成核糖及其他三种与核糖关系相近的糖分子。然而，核糖的这种形成方式并不能告诉我们，它为何能在早期地球上广泛存在，因为科学家已经证明核糖不稳定，即使在稍微偏碱性的溶液中也会快速降解。过去，核糖的不稳定特性让很多研究者认为，第一个遗传分子可能不含核糖。但是本文作者之一里卡多和其他研究者发现了能使核糖稳定的方法。

核苷酸的磷酸根是另一个谜团。磷酸基团中的主要成分——磷广泛存在于地壳中，但大部分存在于不易溶于水的矿物质中，而生命很可能是从水中起源的。那么，磷酸根是如何进入导致生命诞生的“原始汤”中的？科学家还不清楚。火山口处的高温可以将含磷酸盐的矿物质转变成可溶性磷酸盐，但至少在现代火山中，释放出的磷的数量很少。磷化合物的另一个潜在来源是磷铁镍陨石，在特定陨石上可以找到这种矿物质。

生命是什么？

科学家长期致力于给“生命”下定义。该定义的范围要足够广，可以涵盖目前还没有发现的生命形式。以下是部分建议：

1．物理学家欧文·薛定谔（Erwin Schrödinger）提议，把生命体系的属性限定为它们能够自我组装，从而对抗趋向无组织性或无序的自然趋势。

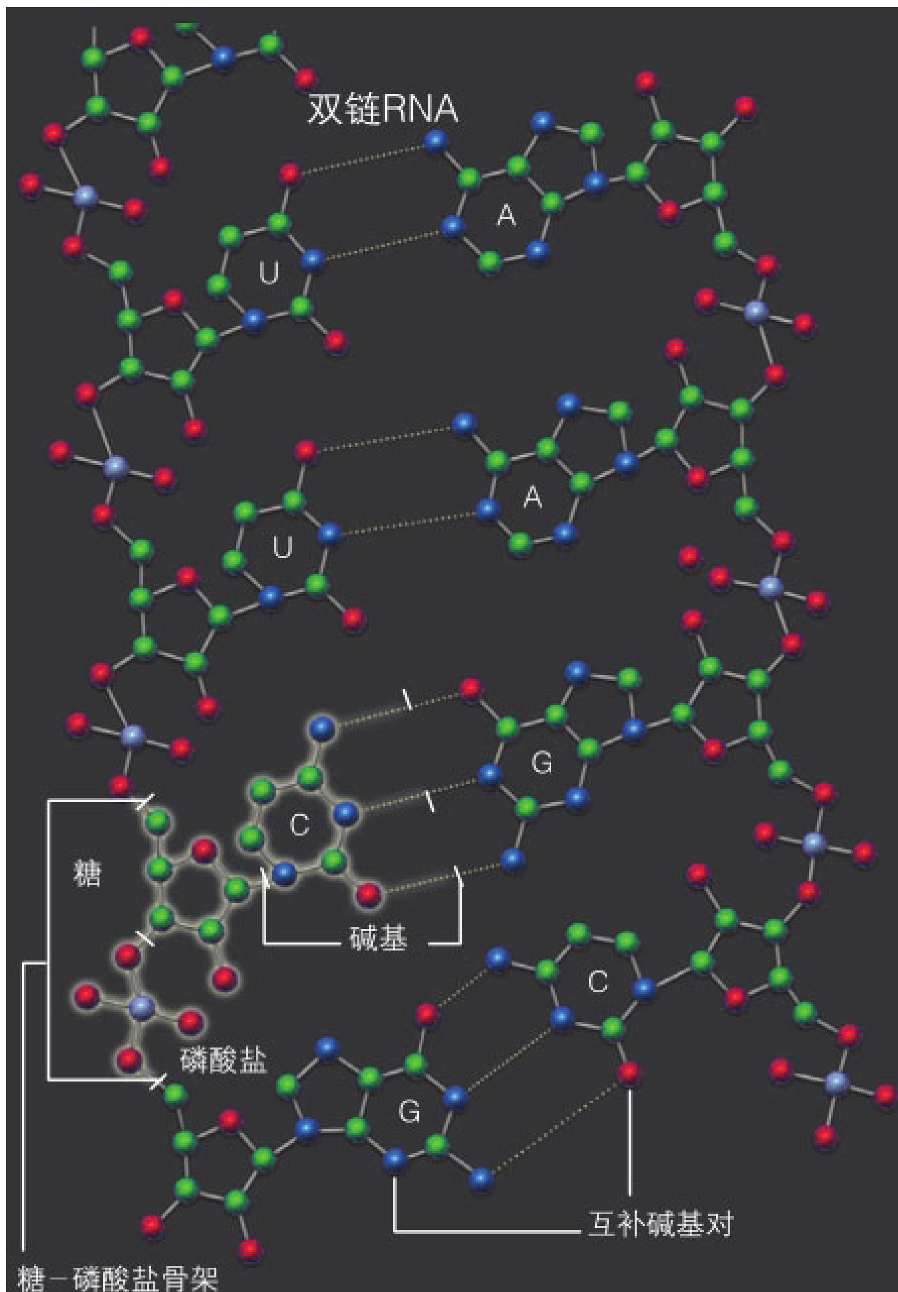
2．化学家杰拉尔德·乔伊斯（Gerald Joyce）的“工作定义”已经被美国国家航空航天局采纳。他认为生命是“一种能自我运转的化学体系，能进行达尔文式的进化”。

3．在伯纳德·科热涅夫斯基（Bernard Korzeniewski）的“控制论定义”里，生命是一种具有反馈机制的网络体系。

基本组成单位

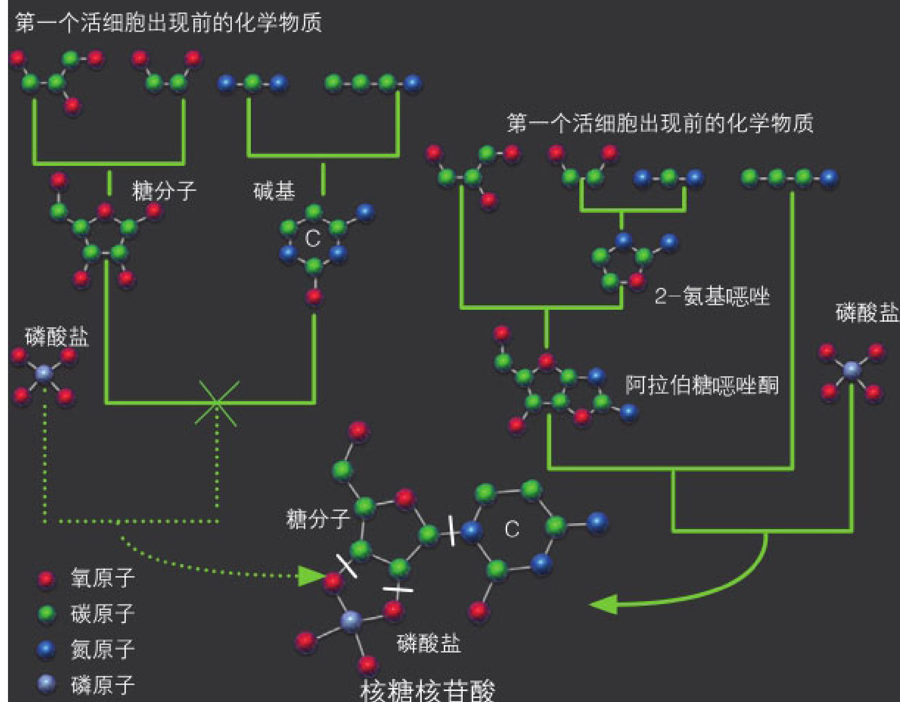
第一个遗传分子

地球上第一个能够复制和进化的实体，很可能用类似于RNA（DNA的“近亲”）的分子来携带遗传信息。DNA和RNA都是由核苷酸单体（右图突出显示的部分）组成的长链，因此主要问题就是更简单的化学物质是如何产生第一个核苷酸的。核苷酸的三个成分——碱基、磷酸根和糖——都可以自发形成，但它们要正确地结合在一起并不容易（见下图左侧）。然而，最近的实验表明，至少两种类型的核糖核苷酸，就是含有碱基为胞嘧啶和尿嘧啶的那些，可以由不同的途径得到（见下图右侧）。（在现代生物体中，RNA的碱基有四种类型：腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶和尿嘧啶——它们形成了遗传密码A、G、C、U。）



新的途径

磷酸盐存在的情况下，碱基和核糖的原材料，首先形成2–氨基噁唑。该分子含有部分糖片段和部分为胞嘧啶或尿嘧啶的碱基片段。下一步反应会产生含完整核糖的单元，然后可以产生完整的核苷酸。反应也会产生“错误”结合的原始分子，但苷酸才能生存下来。



核苷酸自然的困境

化学家一直无法找到由碱基、磷酸盐和核糖（RNA的糖成分）自然合成产生大量核糖核苷酸的途径。

2005年，美国亚利桑那大学的马修·帕塞克（Matthew Pasek）和丹蒂·劳蕾塔（Dante Lauretta）发现，磷铁镍陨石在水中的部分受到腐蚀后会释放出磷。这种途径看起来可能性很大，因为陨石释放出来的磷比磷酸盐更易溶于水，也更易与有机（碳基）化合物发生反应。

怎样组装

我们已经知道至少一种可能得到碱基、糖和磷酸根的途径后，下一步就是将这三者合理地组装起来。但在过去几十年里，这一步正是科学家在研究生命起源之前的化学问题中遇到的最大障碍。简单地将这三种成分混合于水中，它们并不会自发形成核苷酸——主要是因为每个连接反应都会涉及水分子的释放，而这种反应在水溶液中很难自发进行。要形成所需的化学键，就必须有能量供给，如在反应体系中加入富含能量的化合物。早期地球可能存在许多这样的化合物，然而在实验室中，这些分子只能启动低效的化学反应，在大多数情况下甚至完全不能启动反

应。

2009年春天，生命起源研究领域传出了令人振奋的消息。英国曼彻斯特大学的约翰·萨瑟兰（John Sutherland）及其同事宣布，他们找到了一个似乎更可信的核苷酸形成途径，同时回避了核糖不稳定的问题。萨瑟兰放弃了传统做法，不用碱基、糖和磷酸盐来制造核苷酸。他们的方法同样依赖于以前使用过的简单起始物质，如氰化物、乙炔和甲醛的衍生物。但与首先分别形成碱基和核糖，再将两者连接的做法不同，课题组将起始物质与磷酸盐混合。复杂的反应网络产生了一种名为2–氨基噁唑的小分子，它可被视为糖分子的一个片段与碱基的一部分连在一起（见第221页下图）的产物。在此途径的几个步骤中，磷酸盐起重要的催化作用。

2–氨基噁唑很稳定，它有一个重要特点：极易挥发。早期地球上，可能少量的2–氨基噁唑与其他化学物质一起在一个水池里形成。一旦水蒸发，2–氨基唑也随之挥发，在别处凝结为更纯净的2–氨基唑，成为一个原料库，为以后的化学反应——形成完整的糖和碱基，并连接在一起——做好准备。



英国曼彻斯特大学的约翰·萨瑟兰及其同事证明，自发化学反应可以形成核苷酸，从而在2009年5月解决了长期遗留的生命起源之前的化学问题。上图是他（左起第二个）与实验室成员的合影。

萨瑟兰的方法还有一个好处是，某些前期反应的副产品有利于后期反应的进行。不过，这种方法除了产生“正确”的核苷酸外，还会生成“不正确”的核苷酸：某些情况下，糖和碱基不能正确连接。令人惊讶的是，紫外线——在早期地表浅层水域有强烈的太阳紫外线照射——会破坏“不正确”的核苷酸，留下“正确的”核苷酸。最终结果是一条异常清晰的C和U的组装路线图。当然，我们还需要得到G和A的组装路线图，因此挑战仍然存在。但对于解释像RNA一样复杂的分子如何在早期地球形成的问

题，萨瑟兰小组的工作向前迈出了重要一步。

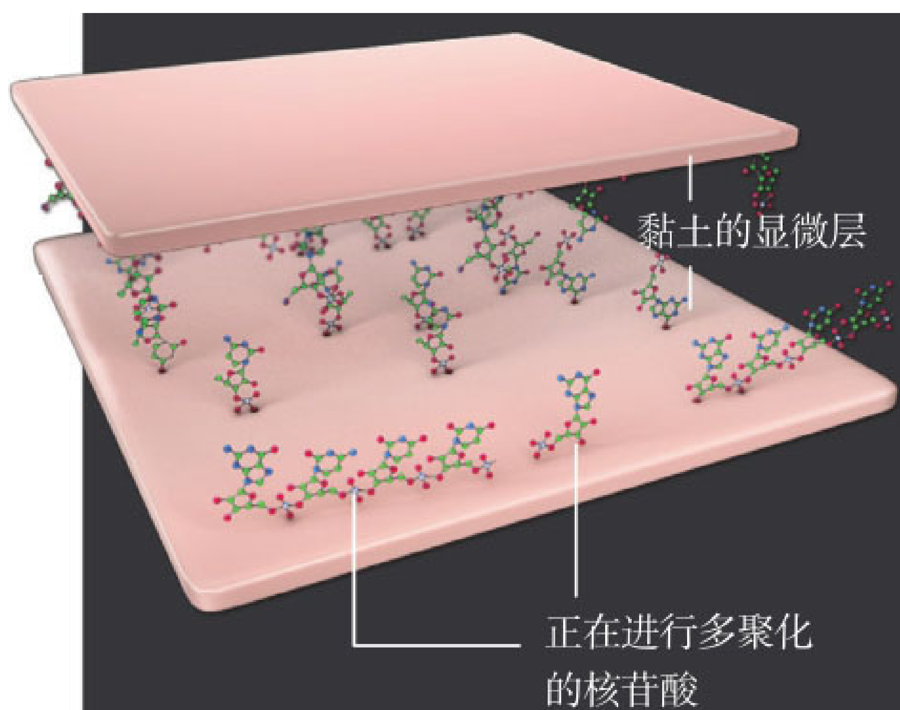
温暖的小水池

一旦我们有了核苷酸，形成RNA分子的最后一步就是聚合反应：核苷酸上的一个糖基与相邻核苷酸上的磷酸基团形成化学键，这样核苷酸就彼此连接成串。同样，化学键在水中不能自发形成，也需要外部能量。在有化学活性的核苷酸溶液中加入各种化学物质，研究者能制造出2～40个核苷酸长的RNA短链。20世纪末，美国伦斯勒理工学院的吉姆·费里斯（Jim Ferris）及其同事的研究显示，黏土矿物可以增强核苷酸连接过程，产生长约50个核苷酸的链（如今，一个基因通常含有上千个乃至数百万个核苷酸）。矿物质本身就具有结合核苷酸的能力，可将活性分子紧密连接在一起，因此有利于两者之间化学键的形成（见第224、225页图）。

从分子到生物体

生命形成之路

化学反应产生第一个遗传分子的单体和其他有机分子后，地球物理过程将它们带至新环境中，并将它们浓缩。化学物质组装成更复杂的分子，然后组装成原始细胞。大约37亿年以前的地球物理过程可能也促进了原始细胞的繁殖。



RNA的滋生地

在形成核苷酸的水溶液中，它们很少有机会结合成能存储遗传信息的长链。但是在适当的条件下，如果分子黏着力将核苷酸结合在黏土的显微层内（见上图），它们就会连接成类似现代RNA的单链。

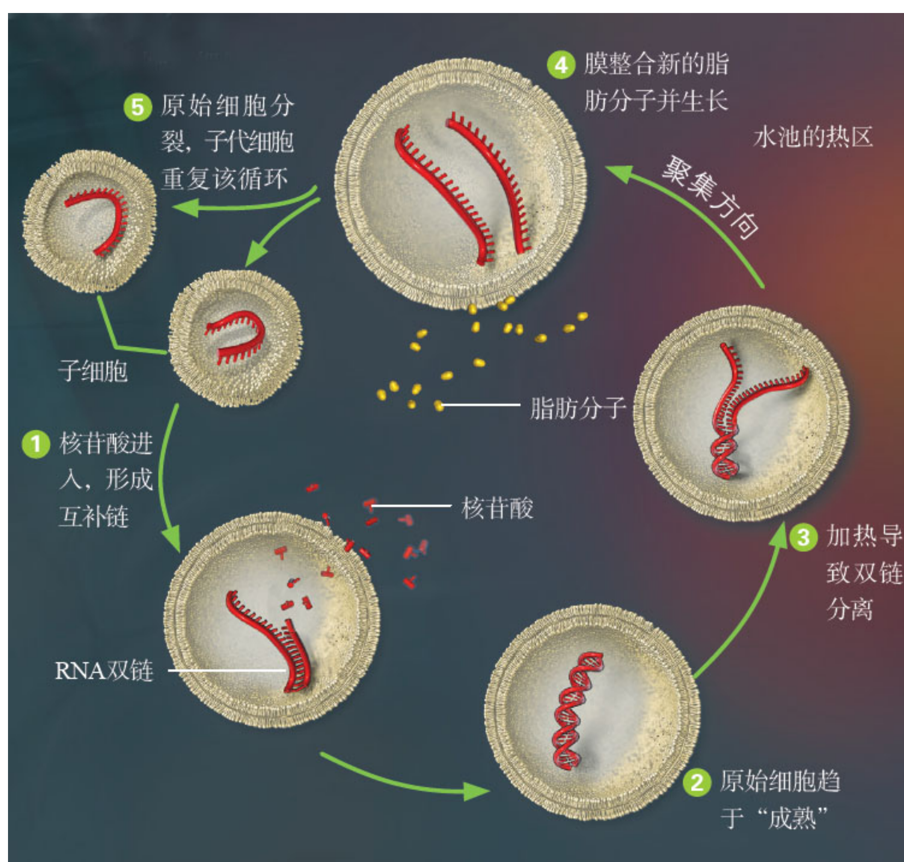


帮助复制

一旦从黏土中释放出来，新形成的多聚体就可能被包在水囊泡里，因为脂肪酸会自发地组装成膜。这些“原始细胞”可能需要一些外力刺激才开始复制遗传物质，这样它们就能繁殖了。一种可能的场景（见右侧）就是原始细胞在水池的冷区和热区间循环流动，这是由于水池一边是部分冰冻的（地球早期大部分是冷的），而在另一边热区火山的热量融化了冰。

单链RNA①在冷区作为模板，新的核苷酸依据碱基配对原则（A与U配对，G与C配对）就可以产生双链RNA②。在热区，热使双链分离③。膜也能逐渐生长④。直到原始细胞分裂成“子代”细胞⑤，接着又开始新一轮的复制。

一旦繁殖过程开始，主要由随机突变驱动的进化也就开始了。在某一时刻原始细胞获得了自我复制的能力，生命就产生了。



上述发现强力支持一些研究者的观点：生命可能起源于矿物质的表面，也许就是在温泉底部富含黏土的泥浆中产生的。

当然，发现遗传分子如何起源并不能完全解决生命起源问题。要成为活的生物，还必须能够繁殖，这一过程涉及遗传信息的复制。现代细胞中，执行遗传物质复制功能的是一些蛋白质酶类。

但是，如果遗传分子由特定核苷酸序列组成，它们就可以折叠成复杂形状，能催化化学反应，就像今天的酶所做的那样。因此，在早期生物中，RNA很可能可以指导它自身的复制。根据这一想法，科学家进行了几个实验。在我们实验室和麻省理工学院戴维·巴特尔（David Bartel）的实验室里，都“进化”出了新的核酶。

我们以无数个核苷酸序列各异的RNA为实验材料，筛选具有催化活性的RNA，然后复制它们。每一轮复制都会产生新的RNA链，有些新RNA链发生了突变，变成更有效的催化剂。我们把这些突变RNA挑选出来，进行下一轮的复制。通过这种定向进化，就可得到能催化复制其他

相对较短的RNA链的核酶，尽管它们还不能按其自身的序列复制出子代RNA。

最近，美国斯克里普斯研究所的特蕾西·林肯（Tracey Lincoln）和杰拉尔德·乔伊斯大力推进了RNA自我复制原理的研究。通过定向进化，他们获得了两个RNA核酶：连接起两个更短的RNA链就能够使这两个核酶中的任意一个复制另一个。不幸的是，实验的成功仍需要以前存在的RNA片段，对于自发聚集而言，这些片段显得太长，而且太复杂。尽管如此，结果仍显示RNA具有原始的催化活力，可以催化其自身的复制。

“RNA先出现”的替代方法

- 肽核酸（PNA）先出现：PNA是碱基和类蛋白物质主干相连的一种分子。因为PNA更简单，而且在化学上比RNA更稳定，一些研究者相信它可能是地球上第一个生命体的遗传分子。
- 代谢先出现：由于难以解释无生命物质如何形成RNA，于是有些研究者推论，生命是以加工能量的催化剂网络的形式先出现的。
- 胚种论：地球的形成与第一种生命体的出现之间相隔“只有”几亿年，某些科学家暗示地球上最早的生物体可能是外星来客。

有没有更简单的方法？我们和其他研究者正在探索不需要借助催化剂就可复制遗传分子的化学方法。在最近的实验中，我们使用单链DNA作为“模板”（我们用DNA的原因是它更便宜，更易于操作，但使用RNA也可以）。我们将这一模板混合在一个含有游离核苷酸的溶液中，然后观察核苷酸能否通过碱基互补配对原则（A与T配对，G与C配对）与DNA“模板”结合，再经过多聚化形成完整的双链。这只是复制的第一步：双链形成后，可以使它分开，成为两条单链，新合成的单链就可以作为模板，复制原来的DNA单链。如果使用标准DNA或RNA，这一过程进行得非常缓慢。但是对糖成分的化学结构进行小小的改变——把一个羟基变成一个由氢和氮组成的氨基——就能使多聚化过程快上数百倍，因此链之间的配对可以在数小时，而不再是数星期内完成了。新的多聚体尽管有磷–氮键而不是传统的磷–氧键，但表现得更像标准RNA。

边界问题

如果我们弄清楚了最初的生命起源的化学机制，我们就可以开始考

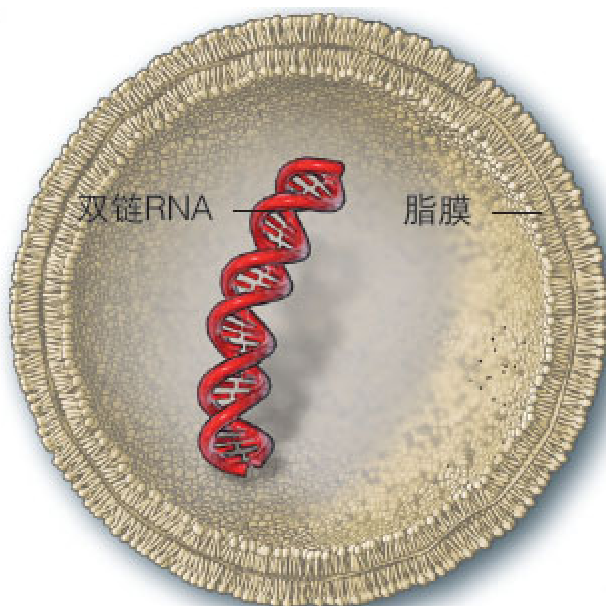
虑分子如何相互作用，来组装第一个类似细胞的结构，也就是“原始细胞”。

所有现代细胞的外膜基本都由脂双层组成，其主要成分是磷脂、胆固醇等脂类分子。细胞膜将细胞成分包裹在一起，而且形成一层屏障，阻止大分子自由通过。膜上嵌入的复杂蛋白质起着“看门人”的作用，将分子泵进或泵出细胞，而其他蛋白质则在细胞膜的构建和修补方面发挥作用。但在早期地球上，缺乏蛋白质体系的原始细胞究竟是如何执行这些任务的？

从RNA世界到细菌

走向现代细胞的旅程

生命诞生之后，生命体间的竞争促使生物体向更复杂的方向发展。我们可能永远不能知道早期进化的具体细节，但可以排出看似合理的某些主要事件次序，这些事件将第一个原始细胞导向以DNA为基础的细胞，如细菌。



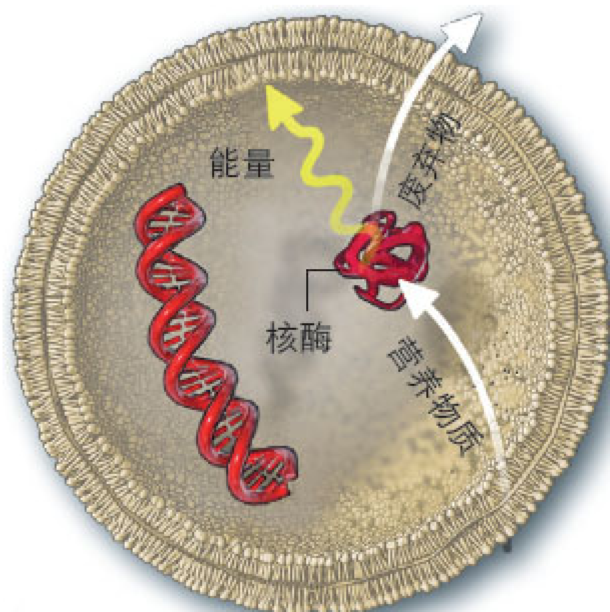
❶进化开始

第一个原始细胞仅仅是一个含有水和RNA的囊泡，它需要外部刺激（比如冷热循环）进行复制。但是它很快将获得新的性状。



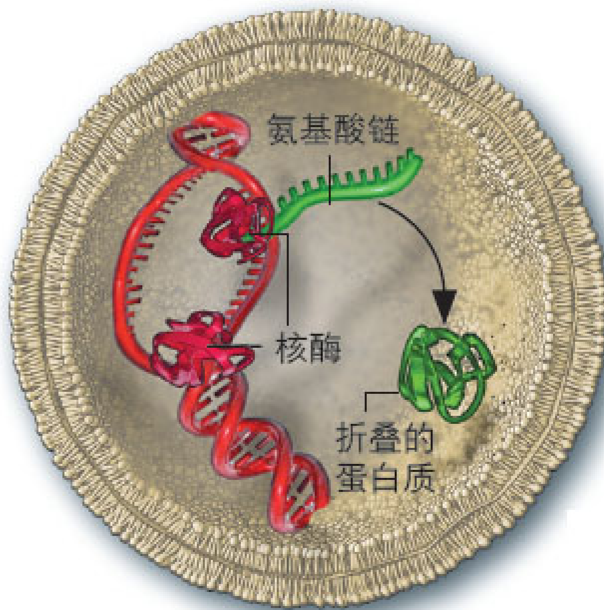
❷RNA为催化剂

核酶（折叠的RNA分子，类似于本质为蛋白质的酶）出现并承担了一些任务，如加速复制和加固原始细胞膜。由此，原始细胞开始自我复制。



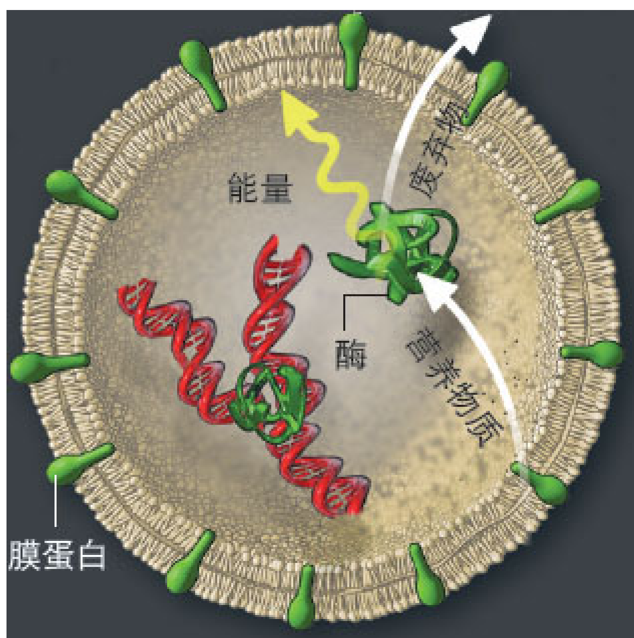
❸代谢开始

其他核酶催化代谢——化学反应链使得原始细胞能够从环境中吸收营养物质。



❹蛋白质出现

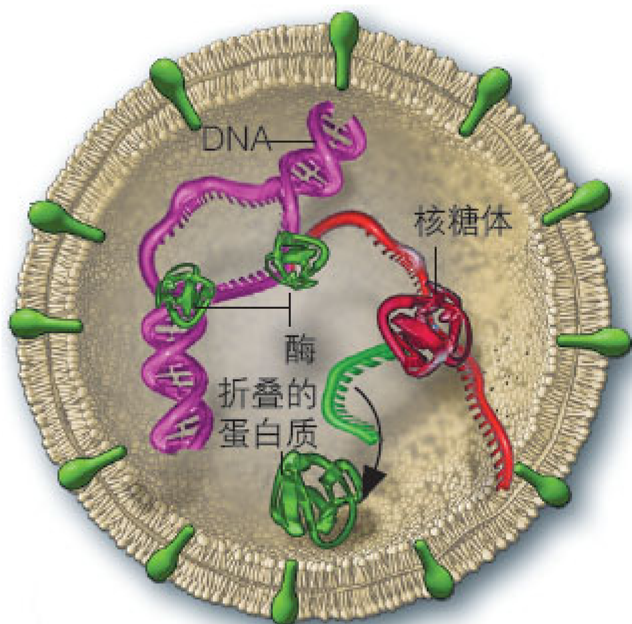
RNA催化剂的复杂系统开始将RNA字母链（即基因）翻译成氨基酸链（即蛋白质）。蛋白质后来被证明是更为有效的催化剂，而且能够执行多种任务。



❺蛋白质接管

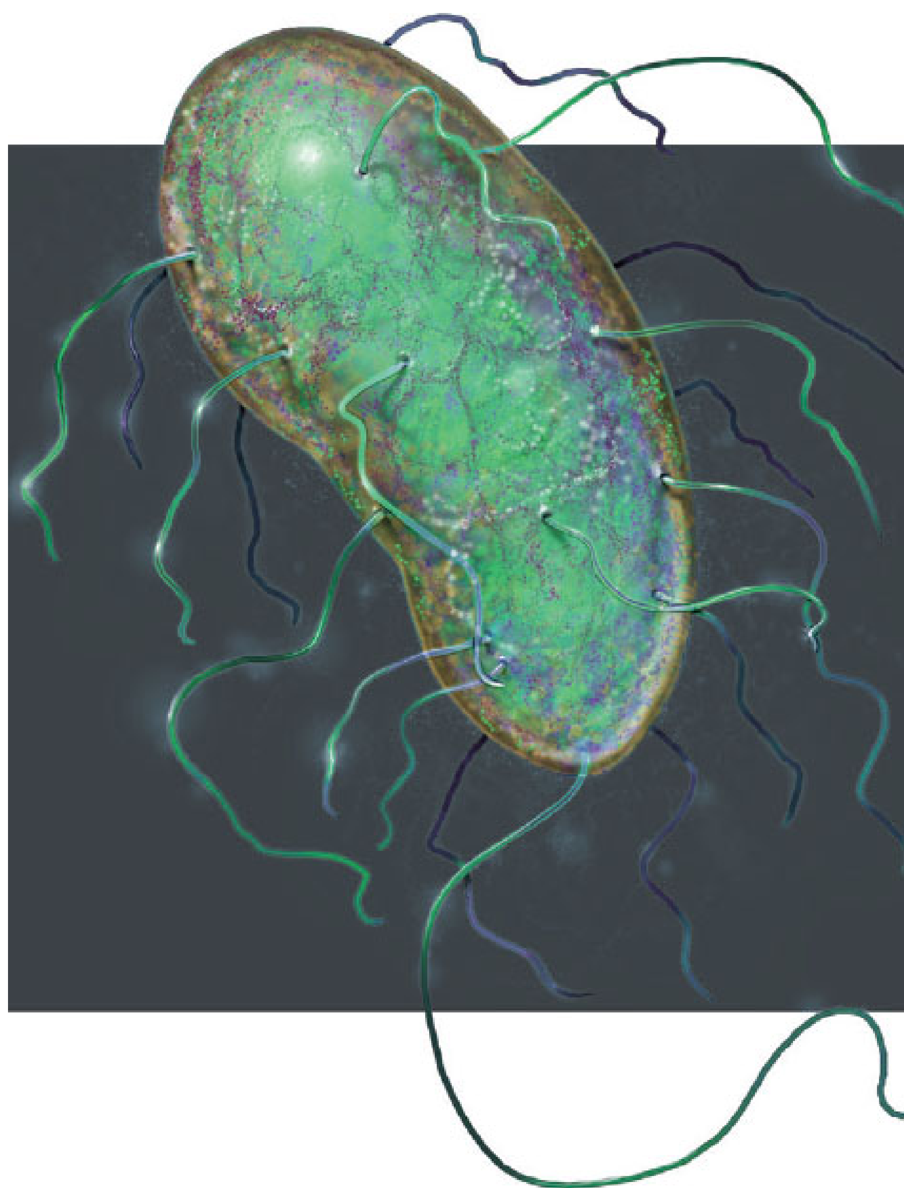
蛋白质接管了原始细胞内大量生化过程。本质为蛋白质的催化剂或酶逐渐取代大

多数核酶。



❻DNA诞生

其他酶开始制造DNA。由于DNA有很高的稳定性，它开始担任主要遗传分子的角色。现在RNA的主要功能是DNA和蛋白质之间的桥梁。



❼细菌的世界

类似于现代细菌的生物体几乎适于在地球上的任何地方生存，毫无争议地统治了地球数十亿年，直到它们中的一些开始进化成更复杂的生物体。

原始膜可能由更简单的分子组成，如脂肪酸（磷脂的组成成分之一）。20世纪70年代后期的研究表明，脂肪酸确实可以自发组装成膜。但通常认为，这些膜对于要进入细胞的核苷酸和其他复杂的营养物质来说，仍然是无法逾越的障碍。这种观点暗示，细胞内代谢机制必须先发展起来，才能为自己合成核苷酸。然而，我们实验室的研究显示，只要

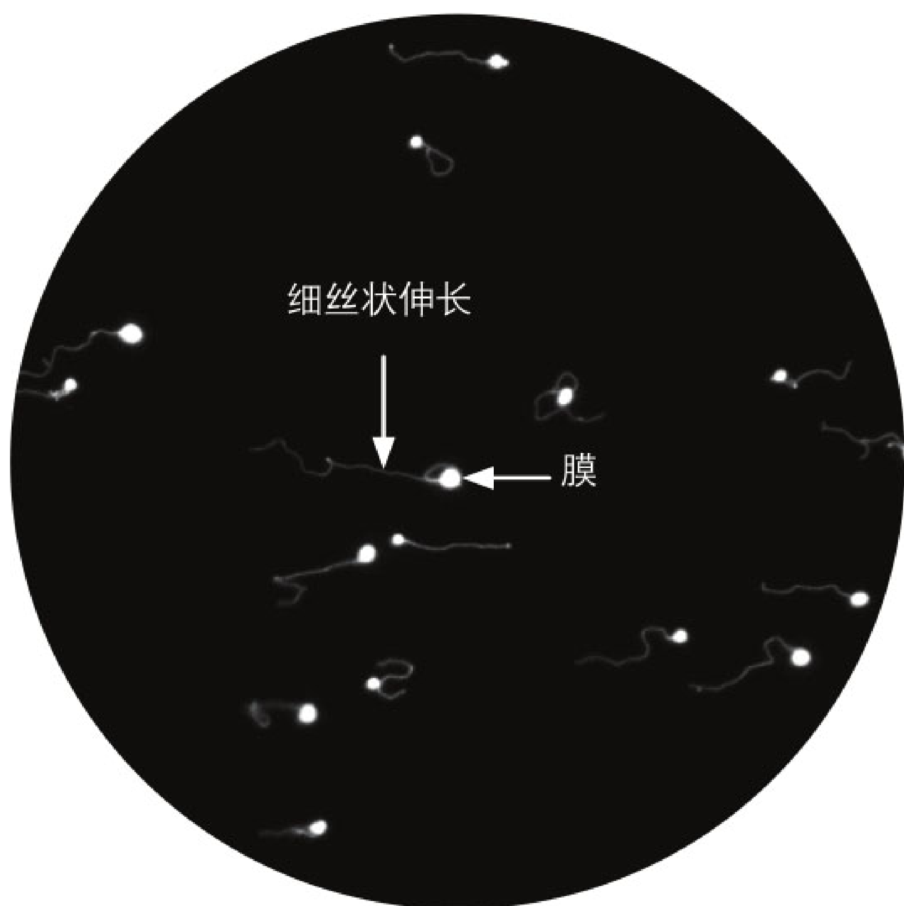
当时的核苷酸和细胞膜都比现在的更简单、更“原始”，与核苷酸同样大小的分子就可以很容易地跨过细胞膜。

根据这些发现，我们进行了一个简单的实验，来模仿原始细胞利用环境提供的营养物质复制遗传信息的本领。我们制备了含有一条短小单链DNA的囊泡，囊泡膜的主要成分为脂肪酸。和以前一样，将囊泡中的DNA作为合成新DNA链的模板。接下来，我们让囊泡与有化学活性的核苷酸接触。这些核苷酸可以自发地穿过囊泡膜，它们一进入囊泡后，就在DNA链上排成一行，相互反应形成互补链。该实验支持这一观点：第一个原始细胞基本上只含有RNA（或RNA类似物），它们的遗传物质复制时不需要酶。

分裂的存在

对原始细胞来说，要开始繁殖，它们必须能够生长，复制它们的遗传信息，并分裂成相同的“子细胞”。实验也显示，原始囊泡可以朝着至少两个方向生长。在20世纪90年代的开创性工作中，瑞士苏黎世联邦理工学院的皮耶尔·路易吉·路易西（Pier Luigi Luisi）及其同事在含有原始囊泡的溶液中加入新的脂肪酸。结果，囊泡膜吸收了脂肪酸，表面积也在增大。当水和溶质慢慢地进入细胞后，细胞的体积也逐渐增大。

当时，我们实验室的研究生艾琳·陈（Irene Chen）探索出了第二种方法，此方法涉及原始细胞间的竞争。在溶液中，充满RNA或类似物质的原始细胞模型逐渐膨胀，这是由于水分子不断进入细胞，以消除细胞内外的物质浓度差（即渗透效应）。这样一来，膨胀的囊泡膜就会绷紧，促使原始细胞生长。这是因为在膜上加入新的分子，能缓解膜的绷紧程度，降低整个系统的能量。实际上，膨胀的囊泡是“偷取”邻近松弛囊泡的脂肪酸，使自己增大，而邻近的囊泡则会收缩。



脂肪酸分子溶于水引发脂膜的自组装。膜开始呈球形，然后吸收新的脂肪酸变成细长丝（见上面的显微照片）。变成长细管后，它们分解成许多更小的球体。第一个原始细胞可能就是这样分裂的。

2008年，我们实验室的研究生朱听（Ting Zhu）在为原始细胞模型供应新的脂肪酸时，观察到它们的生长。令人吃惊的是，原始的球形囊泡并没有简单地随之变大。相反，它们首先伸出一条细长丝。约半小时后，细长丝变得更长更粗，整个细胞逐渐变成一条细长的管。这种结构相当脆弱，轻微的摇晃（比如风轻拂过水池所产生的水波）就能使它分解成许多小的第二代球形原始细胞。子代细胞逐渐变大，并不断重复这个过程（见第228页下方的显微照片）。

生命，回家

研究生命起源的科学家希望能从人造物质开始，构建出自我复制的生物体。这

其中最大的挑战就是找到能自主进行自我复制的遗传分子。本文作者及其同事正设计和合成经化学修饰的RNA和DNA，以寻找这种难以捉摸的特性。RNA本身可能不是上述问题的答案，除非它们非常短，否则其双链不易分开，不能为复制做好准备。

如果有合适的合成单体，原始细胞的形成似乎并不困难：膜进行自我组装，遗传分子进行自我组装，然后两种成分以不同方式聚在一起，就像膜形成于已经存在的遗传分子周围那样。这些由水和RNA组成的囊泡也会生长，吸收新分子，争夺营养物质，然后分裂。但为了“活着”，它们也需要复制和进化。特别是，它们需要解开RNA双链，让每条单链都可以作为模板，复制新的双链，遗传给子代细胞。

这种进化过程可能不会自发开始，但是只要一点帮助它就可以开始。想象一下，在早期地球的寒冷地表（那时，太阳的辐照能量仅为现在的70%）上的火山区域，可能会有冷水池。它们可能部分被冰覆盖，但在热岩石的作用下保持液体状态。温差可能使水对流，因此当水里的原始细胞不时经过热岩石附近，它们就会突然暴露在热流中，但它们在热水与冷水混合的时候会瞬间冷却下来。这种突然加热会导致双螺旋体分拆成单链，一旦回到冷的地方，以单链作为模板，新的双链——原始链的拷贝——就会形成（见第224、225页图）。

一旦环境促使原始细胞开始复制，进化就开始了。特别是某些时候，一些RNA突变成为核酶，会加速RNA的复制——这样就增加了竞争优势。最后，核酶开始复制RNA而不需额外帮助。

以RNA为基础的原始细胞的进一步进化就显得相对简单（见第226、227页图）。代谢可能逐步出现，因为新核酶能够使细胞自己利用更简单和更丰富的起始物质合成营养物质。接下来，原始生物体可能会合成出蛋白质，从而产生更多的化学反应机制。

由于蛋白质具有惊人的多功能性，它们可能代替RNA来辅助遗传复制和代谢。后来，生物体可能“学会”了制造DNA，能以更稳妥的方式携带遗传信息，获得了更多的生存优势。那时，RNA世界就转变成DNA世界，我们所熟知的生命就诞生了。

扩展阅读

Synthesizing Life. Jack Szostak, David P. Bartel and P. Luigi Luisi in *Nature*, Vol. 409, pages 387–390; January 2001.

Genesis: The Scientific Quest for Life's Origin. Robert M. Hazen. Joseph Henry, 2005.

The RNA World. Edited by Raymond F. Gesteland, Thomas R. Cech and John F. Atkins. Third edition. Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2005.

A Simpler Origin for Life. Robert Shapiro in *Scientific American*, Vol. 296, No. 6, pages 46–53; June 2007.

A New Molecule of Life? Peter Nielsen in *Scientific American*, Vol. 299, No. 6, pages 64–71; December 2008.

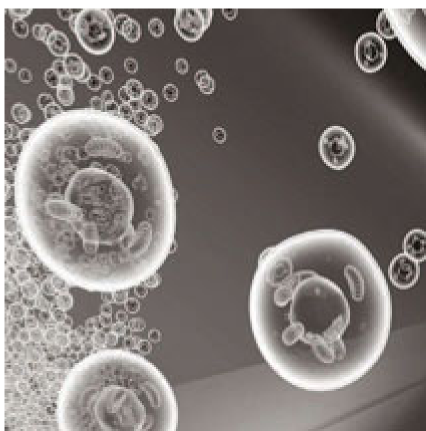
细胞中的囊泡是怎么产生的？

细胞如何储存和传递蛋白质？这是通过怎样的机制实现的？两位好奇的科学家跨洋合作，揭开了细胞中形成转运囊泡的出芽机制。

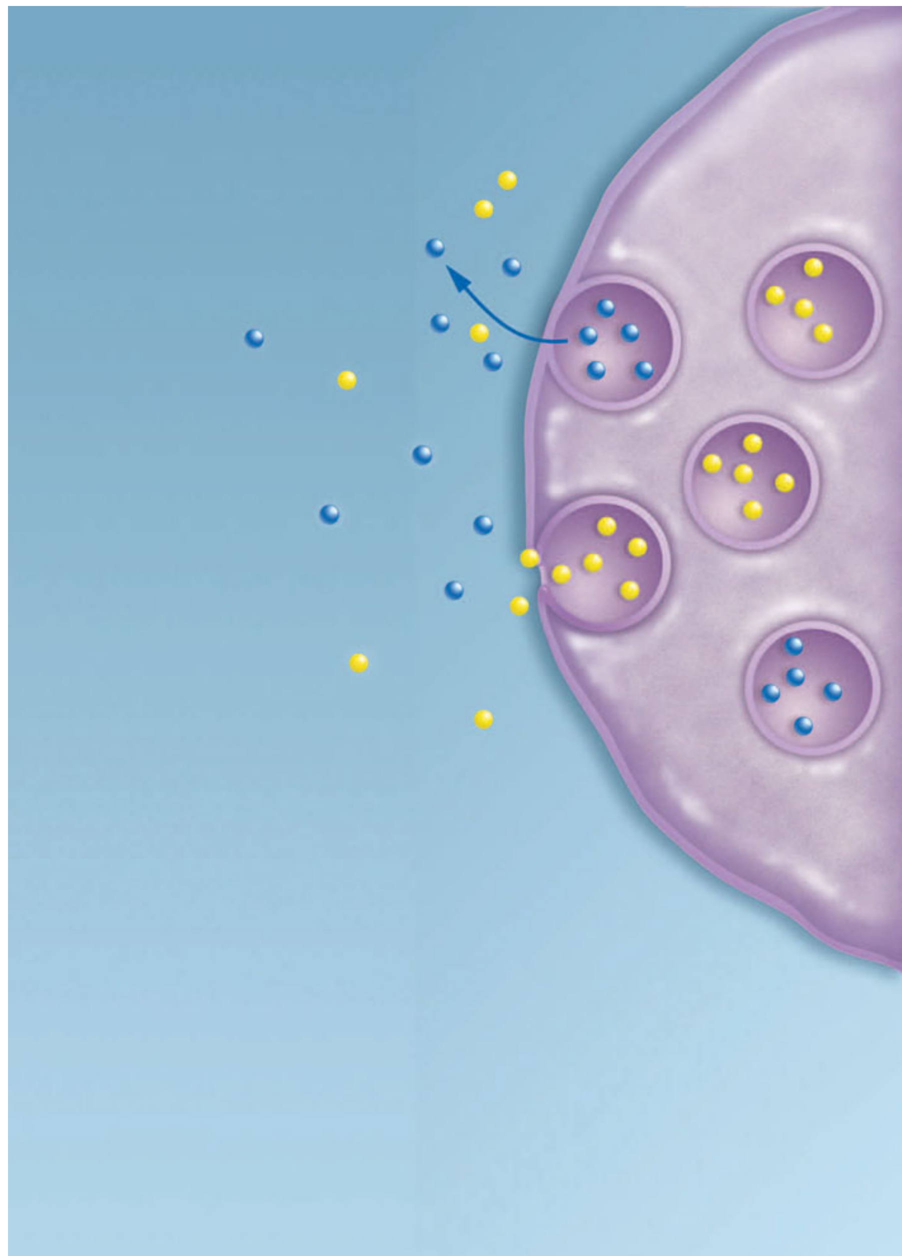
撰文／詹姆斯·罗斯曼（James E. Rothman）

莱利奥·奥利奇（Lelio Orci）

翻译／张文韬



本文作者之一詹姆斯·罗斯曼因揭示细胞运输的精确控制机制，获得2013年诺贝尔生理学或医学奖。本文刊发于《科学美国人》1996年第3期。



詹姆斯·罗斯曼和莱利奥·奥利奇已经合作了10多年。罗斯曼是纪念斯隆–凯特林癌症中心细胞生物化学和生物物理学计划的主席。他于1976年获得哈佛大学医学院生物化学博士学位。在1991年加入纪念斯隆–凯特林癌症中心之前，他曾是普林斯顿大学的分子生物学教授，再之前，他曾是斯坦福大学的生物化学教授。他也是美国国家科学院的成员。奥利奇是瑞士日内瓦大学医学院形态学系主任，组织学和细胞生物学教授。他于1964年获得罗马大学医学博士学位，1966年移居日内瓦。

无论是来自酵母、植物，还是来自人类的细胞，所有的有核细胞的内部结构体系都非常复杂，就像一套有序运转的城市体系。值得注意的是，细胞和城市的正常运转都要依靠不同的专业部门配合协作。在细胞中，这些被膜结构包裹着的“部门”就是细胞器。

我们可以窥视细胞内部，来简要认识一下细胞中的重要“部门”。首先是细胞外部的细胞膜，它很像古代城市的城墙，不仅能控制食物和其他物资的进入，还能把城内制造的产品运输出去。另一个关键部门隐藏在细胞内部，就是所谓的“制造中心”——内质网。大量蛋白质在这里合成，它们是细胞中主要功能的执行者。新合成出来的蛋白质要被运到另一个部门——高尔基体，在那里进行修饰（通常是加上糖基），最终被运往细胞内的各个角落，或者被运出细胞外。所以，高尔基体是这个“微观城市”重要的“分配中心”。

细胞城市里也有“回收中心”，它就是溶酶体。溶酶体负责分解衰老失效的蛋白质和特定分子，将它们的组分重新加以利用。溶酶体还能分解细胞吞噬的胞外物质。

为了能在不同的细胞器之间运送蛋白质，细胞自然进化出了复杂的运输系统，就像机场里的集装箱运输系统一样：前往同一目的地的货物会被装进相同的运输小泡（就像集装箱一样），到达目的地后运输小泡才会打开。每一个细胞都会产生多种运输小泡，每一种运输小泡都有不同的细胞内运输路线，能运送特定的物质。细胞还会制造运输小泡从而储存重要的细胞间通信物质，比如神经递质和胰岛素，这些物质只有在细胞接收到精确的信号时才会被释放。

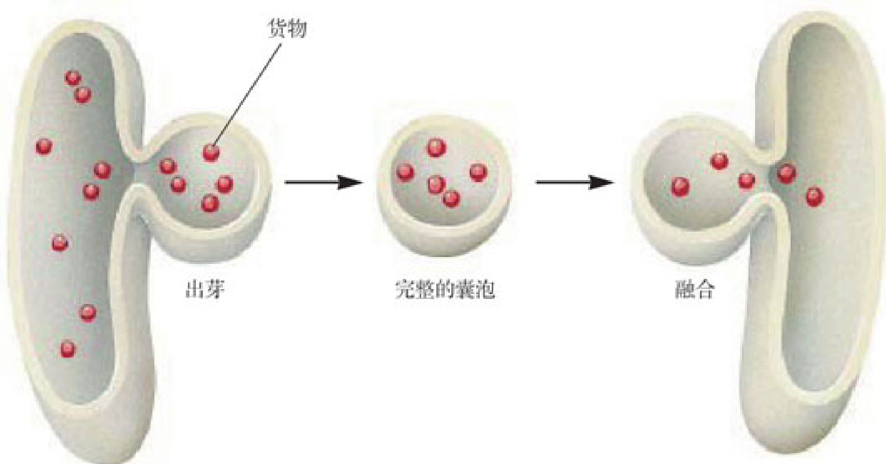
运输小泡对细胞和生物体的机能具有重要作用，然而多年以来，我们一直都不太清楚运输小泡的形成机制。本文刊发前不久，我们的团队终于大致描述出这个过程中的许多分子层面的动作细节。我们对这项研究非常感兴趣，研究的最终成果也会被运用在药物研发上。例如，癌细

胞只有在运输小泡正常工作时才能增殖，研发阻止小泡形成的药物就显得非常重要，因为它能极大地增强目前市面上抗肿瘤药物的效果。

这项研究在许多方面都具有现代分子生物学的特征，比如利用显微镜学研究小泡的起源（通过这种方法首次揭示出运输小泡的存在），利用生物化学分析解决问题（详细说明了在小泡形成过程中大量分子的反应）。整个发现过程就像一个生动的故事，阐释了科学研究的本质。非科研工作者总把科学发现想象成一个客观的过程，认为只要拥有智力和严谨的逻辑就能解决问题。这种观念低估了错误、偶然的好运和不断的努力在科研中的作用。从课本上的描述中根本体会不到这种追求真理的乐趣！对我们这两位作者来说，尽管分处大西洋两岸，每年只能互访一次，但是密切的合作还是给我们带来了很多这样的乐趣。

“你是谁？”

20世纪80年代中期，在我们开始合作之前，显微镜学家已经通过细胞切片了解了小泡转运蛋白质的一些基本步骤。在20世纪60年代，诺贝尔奖得主乔治·帕拉德（George E. Palade）在这方面进行了大量研究，洛克菲勒大学的研究人员在此基础上继续探索，发现膜包裹的微小囊泡可能是由细胞器的膜上出芽形成的。这些囊泡随后在细胞质溶胶（含有丰富蛋白质的溶液，细胞器在其中漂浮）中移动，到达目标细胞器后，与细胞器的外膜粘连。然后囊泡膜与细胞器膜融合，把囊泡中的蛋白质注入目标细胞器内。换句话说，到达目的地后集装箱就会打开，卸下货物。

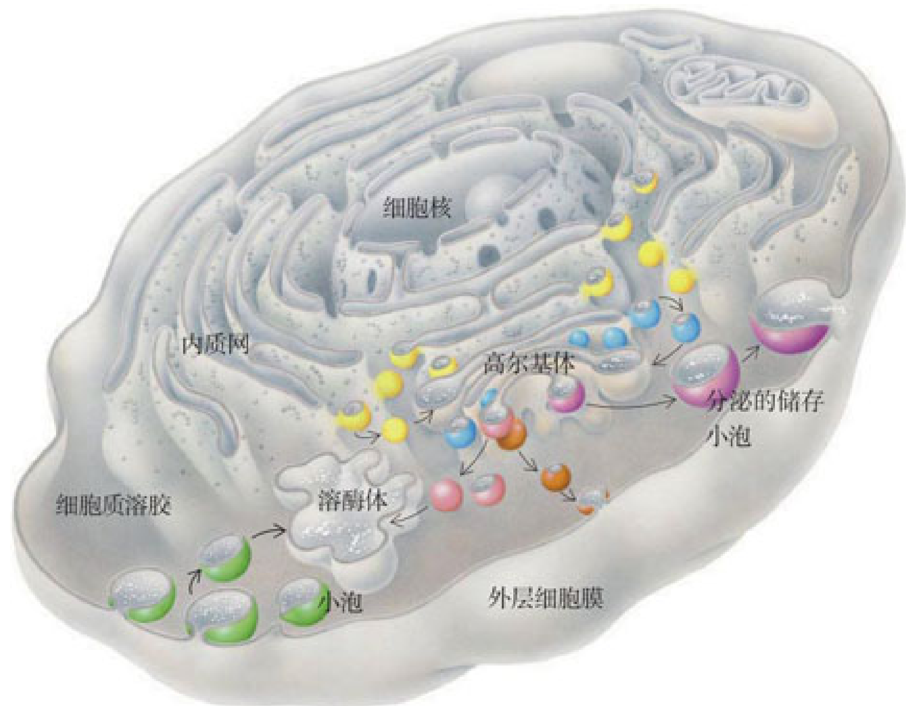


要阐明出芽是怎么发生的，就必须在试管中研究这个过程，也就是说，在细胞外再创建囊泡结构，从而排除无关因素的干扰。通过这个系统，人们才能操纵或分析囊泡形成机制中的各个组分，判断出第一个起作用的是哪些分子，接下来是哪些，一步一步向下推断。但是，此前没人能设计出这样的无细胞系统，直到1980年斯坦福大学的罗斯曼教授把它研制出来。

1984年，罗斯曼等人发表了一篇文章，宣布他们的无细胞系统能形成囊泡，形成过程和完整细胞中的过程一样。这一系统能让运输小泡从高尔基体膜上出芽。高尔基体本身可以被分成几个小室。他们观察到，大部分从高尔基体上出芽的小泡运输着“货物”，从高尔基体的一个小室到达另外一个小室。有些高尔基体小泡甚至携带着蛋白质走到了更远的地方。

当研究进展到这个阶段时，两位作者的合作正式开始了。这个开始的方式令人难忘。一天下午，也就是12月份发表论文后的一周内，罗斯曼正在办公室里进行案头工作。突然电话响了，他拿起听筒，还没等他说出“你好”，电话那头就传来一个低沉的声音。对方语气热切，语速飞快，所说的英语带着意大利口音，令人难以听清。罗斯曼完全不知道对方是谁，只能呆呆听着。几分钟后，一头雾水的他重新回到自己的工作中，让对方继续讲。又过了几分钟，他只听懂了几个词，诸如“合作”、“我们会成为兄弟”。他终于大声打断对方，并问：“你是谁？”

对方停下了，平静清晰地用有些谦逊的口吻说：“我是莱利奥·奥利奇，日内瓦大学的教授，我的研究方向是……”



运输小泡（彩色小球）在细胞中很多。有些（黄色的）把内质网合成的蛋白质运送到高尔基体进行修饰加工。另一些（蓝色的）在高尔基体的各个小室之间运输蛋白质。高尔基体上会形成三种小泡。橙色的将蛋白质立刻运出细胞。深粉色的是分泌的储存小泡，当接收到特定信号时将内容物释放到细胞外。浅粉色小泡将消化酶运输到溶酶体，这里是降解分子的场所，被降解的分子包括被细胞吞入的绿色小泡。细胞器膜通过出芽形成小泡。小泡运输着“货物”（红色），通过自身与目标细胞器融合传递蛋白质。

罗斯曼立刻知道对方是谁了，奥利奇是著名的电子显微镜专家。罗斯曼马上表示歉意，而奥利奇也放慢了语速，双方进行了一次富有成效的长谈，虽然当时日内瓦已经是后半夜了。

意想不到的“错误”

几周后罗斯曼来到了日内瓦。接着我们两位作者兴奋地制定出一项计划：用奥利奇的技术来确定无细胞提取物中高尔基体膜上出芽的小泡是否具有特殊性质。更确切地说，我们想了解这种小泡表面是否有纤维状蛋白质组成的笼形厚层，也就是网格蛋白包被。从结构上说，网格蛋白包被看起来像一个网格状的圆屋顶。

我们之所以提出这个问题，是因为人们发现了一些运输小泡，拥有

这种当时唯一被识别出的包被。网格蛋白包被小泡从细胞外膜上出芽，进入细胞质溶胶，把蛋白质从细胞外转运到细胞内的溶酶体中进行降解。但是如果没有无细胞系统，就无法破译出芽机制。如果奥利奇能够证明来源于高尔基体的小泡表面覆盖着网格蛋白，罗斯曼就可以立即开始在无细胞系统中开展生物化学研究，解释网格蛋白包被小泡是怎么形成的。

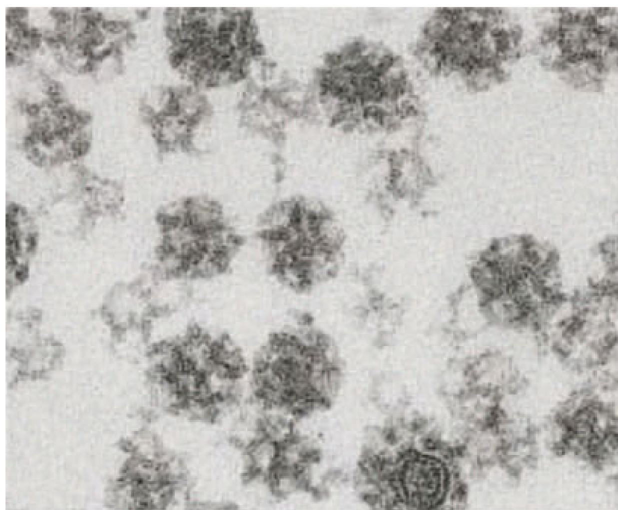
网格蛋白包被小泡形成的模型诞生于20世纪60年代，由大阪大学的金关德（Toku Kanaseki）和门田健（Ken Kadota）提出。1969年，金关和门田纯化了包被小泡，发现小泡表面的包被竟然是规则结构。这种结构在6年之后由英国剑桥大学医学研究委员会实验室的芭芭拉·皮尔斯（Barbara M. F. Pearse）揭开了真面目——包被主要是由一种蛋白质重复排列而成。她将这种蛋白质命名为网格蛋白。金关和门田推测包被的作用就是负责出芽，它先利用膜上的组分建立起网格蛋白笼，使下方的形状可变的膜结构形成圆顶状，从细胞膜上精确地吸起球状小泡和附着在膜上的蛋白质。

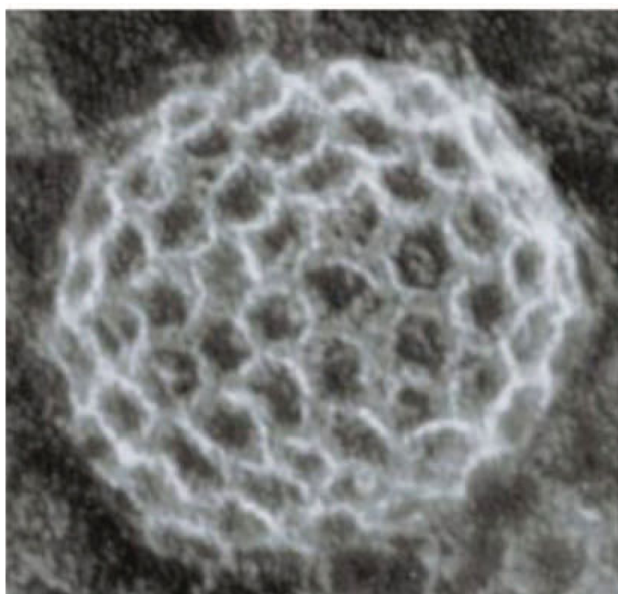
到了1984年，上述模型无疑已经显得太过简单。罗斯曼在试管中重现了出芽过程，发现在独立的膜结构上不能发生出芽过程。小泡形成还需要细胞质溶胶和能量来源。这些结果表明包被来源于细胞质溶胶中的物质，虽然暂时不清楚这些物质到底是什么。然而，金关和门田的基本模型还是有吸引力的，值得去验证。

不久以后，罗斯曼从日内瓦返回斯坦福大学，指派了一个研究生开始执行我们制定的这个计划。研究生本杰明·格利克（Benjamin S. Glick）将带细胞质溶胶的高尔基体同能量来源一起培养，得到了运输小泡。他把样品封装好，寄往日内瓦做显微分析。几天后，奥利奇确定，高尔基体上产生的小泡表面确实有包被，但不是预想的那种。它的精细结构不同于网格蛋白包被，也不会与网格蛋白的抗体特异结合。这一惊人的结果意味着，细胞至少能制造两种不同的运输小泡，各自有不同的包被。现在，研究者已经发现很多种运输小泡，每一种的包被都不同。

这项研究的结果是个很好的例子：错误在科研中也有意外的价值。我们曾经错误地假设，网格蛋白包被介导了高尔基体上运输小泡的形成，而现在我们的实验重心必须从网格蛋白包被小泡转移到一个我们刚刚发现的物质上。这个错误让我们走上了一条高产的新路子，同时也揭示了更多运输小泡形成的秘密。相比之下，对网格蛋白包被小泡的研究

则非常缓慢。直到本文刊发时，也没有人能在无细胞系统中得到它。



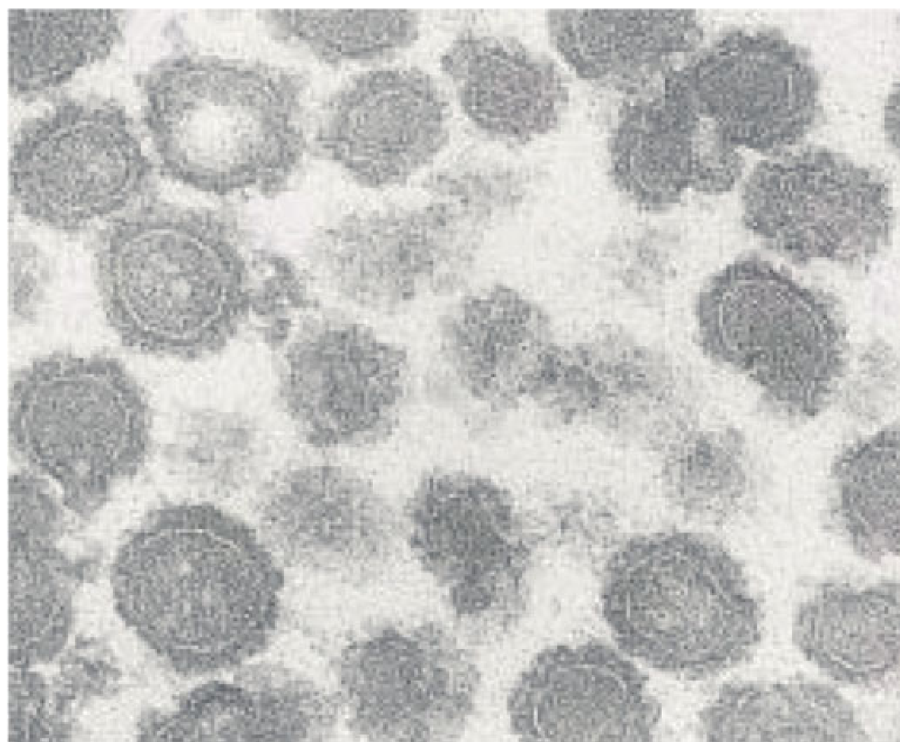


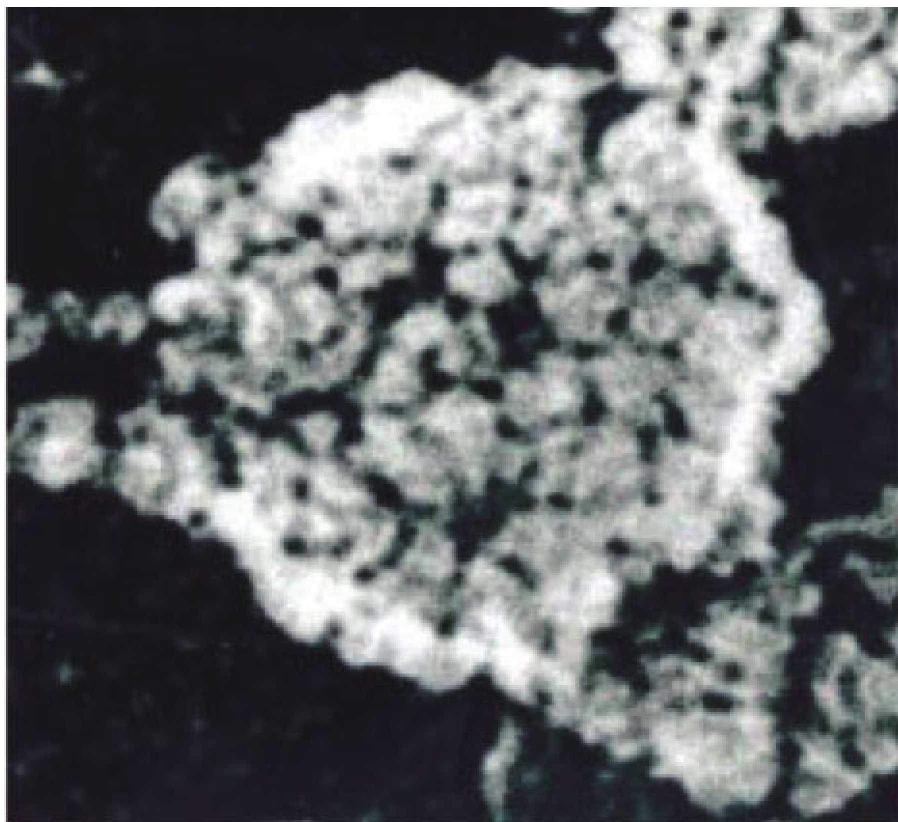


负责把蛋白质从细胞外转运到溶酶体的小泡表面被网格蛋白包被，网格蛋白是第一种被确定的小泡包被蛋白。电镜显示，包被蛋白结构呈笼形，见截面图（上图）和表面图（中图）。这种六边形和五边形的结构类似于网格状的圆屋顶（下图）。

要想揭开高尔基体小泡出芽过程的秘密，我们必须弄清包被的组分，这得耗费几年时间。首先，我们必须获得足够的小泡纯化物，这个任务在当时看来相当艰巨。在1989年，经过艰辛的奋斗，罗斯曼实验室中的两个年轻人维韦克·马尔霍特拉（Vivek Malhotra）和蒂托·塞拉菲尼（Tito A. Serafini）分离出了纯化小泡。虽然数量极少，但是已经足够用于分析。他们证明了这种包被含有8种蛋白质。这些蛋白质被命名为COP蛋白（外壳蛋白），所以，我们将来源于高尔基体的小泡命名为COP包被小泡。

要想阐述出芽机制，我们必须进一步了解COP蛋白，查明它们是如何互相作用的。1990年，我们有了第一个主要发现：在与高尔基体结合之前，8种包被蛋白中的7种先组装成为一个大复合体，我们把这个复合体称为衣被蛋白。只有一种蛋白质是单独结合的。实质上，包被由两个主要部件组成：衣被蛋白和第8种蛋白质。这种简化模式意味着我们不用研究复合物中的每一种蛋白质，也能探明出芽的基本步骤。







COP包被是由作者鉴定的一种包被类型，包裹在从高尔基体出芽的运输小泡上。它与网格蛋白包被的区别十分明显，见上面的电子显微镜照片。左侧的显微照片捕捉到了2个COP包被小泡从高尔基体膜出芽的过程。

在一些偶然的科学发现中，幸运和有准备的头脑是必不可少的。1990年，罗斯曼当时还在普林斯顿大学。一天晚上，罗斯曼实验室的一个年轻研究员杰勒德·沃特斯（M. Gerard Waters）正在检查实验记录。他需要纯化出一种物质，这种物质能在运输小泡与目标细胞器膜融合时起作用。刚巧，塞拉菲尼经过，从沃特斯身后看到了他的记录，大吃一

惊。

纯化蛋白质的过程，就是把细胞提取物根据它们的物理和化学性质进行分组。在分组后，还会分别对它们开展实验，如触发小泡与膜融合的实验，以检验其是否具有相关活性。显示出活性的样本将被进一步细分，继续测试。没有表现出活性的部分，通常被丢弃。最终，可以得到仅含有特定生物活性蛋白质的纯样品。

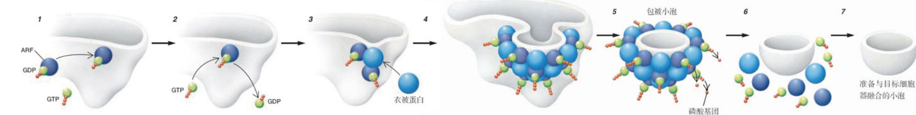
沃特斯做得十分认真，他分析了不能触发融合组分的蛋白质含量。然而，几个月以来，他也相当自然地丢弃这种无用的组分。塞拉菲尼对沃特斯的废弃物印象深刻，因为这与他和马尔霍特拉早先鉴定出的COP蛋白很相似。

在快速鉴定这些废弃蛋白质后，他们发现，废弃组几乎只由7种COP蛋白组成，它们彼此紧密结合，无法再被分离。令人啼笑皆非的是，罗斯曼实验室的一部分人在从事十分单调的包被小泡分离工作（从而获得微量的包被蛋白），而另一部分人正在扔掉大量相同的蛋白质。多亏了塞拉菲尼和沃特斯的警觉性，他们再也没扔掉这些“废物”，还认识到了衣被蛋白复合物的存在，保留下了多年努力的成果。现在，我们很容易就能得到衣被蛋白复合物，也能用在各种不同的实验中。

很快，我们的注意力就集中在鉴定第8种蛋白质上。从多方面来看，我们推测这是一种被称为ARF［ADP（腺苷二磷酸）核糖基化因子］的分子。这种分子最早由得克萨斯大学西南医学院的理查德·卡恩（Richard A. Kahn）和阿尔弗雷德·吉尔曼（Alfred G. Gilman）发现，它能使霍乱毒素引起疾病，但是如何在体内发挥作用仍未得到很清楚的解答。幸运的是，证实我们的推测很容易。我们从卡恩那里获得了ARF的特异性抗体，并将这种抗体与我们的蛋白质混合。试验中，抗体很快发生了结合，证明这种蛋白质就是ARF。

经过6年艰苦的研究，我们拥有了全部（8种）外壳蛋白纯化物，最终准备彻底破译出芽的机制。这个工作是非常明确的。1991年，罗斯曼把他的实验室搬到纪念斯隆–凯特林癌症中心后，我们开始了这个项目。在短短2年时间里，我们了解到了很多东西。

出芽过程究竟什么样？



COP包被小泡在高尔基体膜上形成后，紧跟着会脱去包被。当带着一个小分子GDP的ARF与膜接触时，小泡开始形成（1）。不久，酶用GTP把GDP替换下来（2），这一变化使ARF能够召集衣被蛋白（3）。

膜上的ARF和衣被蛋白的装配引起出芽（4），然后切断膜结构（5），形成包被小泡。为了保证小泡与目标细胞器发生融合，包被必须被去除。去除时，GTP释放一个磷酸基团（5右侧），GTP转化为GDP，引起ARF和衣被蛋白分子脱落（6和7）。

我们首先要弄清，COP包被小泡从高尔基体出芽是不是只需要衣被蛋白和ARF？在这个过程中，还需要其他蛋白质吗？其实这两个问题相当于一个问题，虽然细胞质溶胶粗提取物中含有成千上万个不同的蛋白质，但是我们已经能利用生物化学技术从中分离出真正与出芽有关系的衣被蛋白和ARF，并证明它们自己就能够完成出芽。

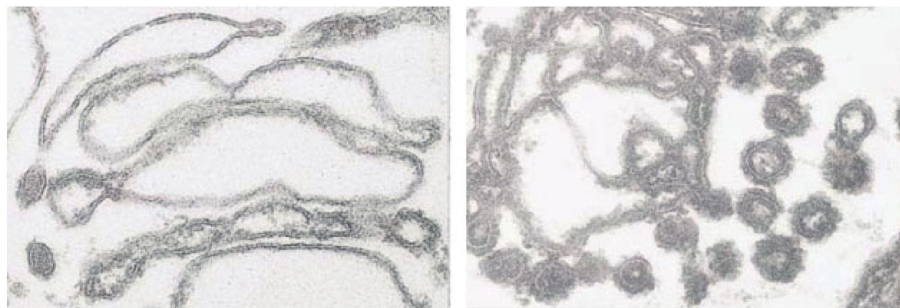
在下一步的研究中，为了破译两种蛋白质各自不同的作用，我们需要一次只添加一种蛋白质，而不是把两种蛋白质同时添加到体系中。在没有衣被蛋白存在的情况下，ARF会结合到高尔基体膜上，然后召集衣被蛋白与膜结合。然而，衣被蛋白是无法单独与高尔基体结合的。美国国家卫生研究院的理查德·克劳斯纳（Richard D. Klausner）及其同事也独立地证明了这一点。其次，电子显微镜发现，在只有ARF与高尔基体膜结合的情况下，膜表面会保持平整，但是当衣被蛋白与膜结合后，出芽过程就开始了。这些观察结果表明，ARF和衣被蛋白在运输小泡生成中起了不同的作用。衣被蛋白驱使膜表面弯曲和出芽，而ARF决定出芽何时发生，它会指引衣被蛋白何时、何地发挥作用。

实际上，我们已经对出芽的过程有了更深入的认识。自由漂浮在细胞质溶胶中的ARF通常结合到名为鸟苷二磷酸（GDP）的分子上。GDP是由1个碱基连接着1个糖基和2个磷酸基组成的。当这一成分遇到高尔基体时，膜表面的酶会用从细胞质溶胶中获得的鸟苷三磷酸（GTP）替换GDP。GTP带有3个磷酸基团，可以算是GDP的近亲。这种变化会导致两个重要结果：首先，只有ARF结合到GTP上，才能牢固连接到膜表面，从而让衣被蛋白进一步结合；其次，GTP结合ARF为激发小泡形成提供了能量。

我们应该如何想象萌芽的过程？单个衣被蛋白通过一个或多个ARF分子（也许确切的数字既不是固定的，也不是至关重要的）锚定到膜上。我们认为（但尚未证明），这些复合物以规则阵列连接起来，在膜的表面形成圆顶（与网格蛋白制造的形状类似）。该阵列不断增长和弯曲，一部分高尔基体膜被包裹进包被内部，形成出芽小泡，最终闭合并被释放。因此，COP包被小泡的发生与金关和门田预测的网格蛋白包被小泡模型几乎一样。但是，我们的工作证明了一种新的包被组装方式：细胞质溶胶中的组分是一部分一部分装配成新包被的，此外，组装由ARF来指挥并需要GTP提供能量。

虽然对于COP包被小泡的出芽来说，包被必不可少，但是当运输小泡到达目的地时，包被会阻碍小泡与目标细胞器的膜直接接触，无法进行膜融合。因此，为了释放小泡中的蛋白质，包被必须被脱掉。这种脱包被的过程是组装机制的简单逆转。在一个完整的包被小泡上，ARF分子依然与GTP结合。但很快，它们会从GTP上切下一个磷酸基团，从而将GTP转化为GDP，释放能量。这种转换使得ARF分子失去对小泡的亲和力，自然脱落。因为衣被蛋白需要ARF充当附着物，它们也随之脱落，然后不带包被的小泡就可以自由地与靶细胞器融合。从某种意义上说，细胞在出芽中留下了GTP这个“定时炸弹”。出芽后，炸弹即被引爆，将包被弹出。

包被在小泡到达目的地之前就被释放，所以它不太可能指挥小泡完成使命。而无包被的小泡膜上包含着一组执行此功能的蛋白质。这些蛋白质也召集了更多的蛋白质，开始介导小泡与目标膜的融合。



电镜观察显示，衣被蛋白控制COP包被小泡的出芽。仅有ARF存在时，它与高尔基体膜结合，没有出芽，膜表面保持平整（左图）。但衣被蛋白的附着使已经结合上ARF的膜产生大量的小泡（右图）。

机制背后

是否所有运输小泡的发生过程都与COP包被小泡类似？也许是，因为网格蛋白包被的组装也是由GTP结合ARF分子附着到膜而触发的。罗斯曼在实验室中发现了这个现象。看来，转了一圈后我们又回到了起点。

但是，在显微镜中观察细胞中的大多数小泡时，你会发现它们好像并没有包被。这种现象可能表明，我们所描述的出芽机制只能解释COP包被类型和网格蛋白包被类型。尽管如此，下这样的结论还为时过早。这是因为小泡在细胞器出芽后迅速脱掉包被，标准方法一般无法检测到它们。事实上，回顾这段研究，我们可以把这个领域的发展史做一个概括：研究人员初步推断特定类型的小泡缺乏包被，因此认为这类小泡通过一种新的机制出芽。然而，在这种类型的小泡出芽后，最终还是发现了包被的存在。科学家在无细胞系统中重现了出芽过程，并且捕捉和识别出了存在时间非常短的包被状态。

本文刊发前不久，科学家发现携带蛋白质从内质网到高尔基体的小泡需要包被。美国加利福尼亚大学伯克利分校的兰迪·谢克曼（Randy W. Schekman）、奥利奇及其同事通过实验证明，一种与ARF关系密切的蛋白质发挥着ARF的作用，控制了出芽过程的开始时间。此外，一组被称为COP II蛋白的复合物取代了衣被蛋白。

毫无疑问，所有有核细胞使用一套通用的原则，形成运输小泡。这种方法非常有效，因此在简单的单细胞生物向更复杂的多细胞生物演变的过程中被保留了下来。首先，ARF或其“近亲”与GTP结合，然后结合到膜上，开始组装包被。接下来，它们会吸引更多的分子，组装成圆顶状的包被。它们诱导膜的附着区域出芽形成小泡。之后，GTP分子会触发包被去除过程，保证小泡膜能与目标细胞器的膜发生融合。

这个出芽过程基本上在每一个细胞器上都是一样的，如果包被只对出芽很重要，为什么细胞需要多种不同包被呢？这很有可能是因为包被需要选择“货物”，包装成小泡。有时，“货物”蛋白质可停留在膜上，直接结合到包被上。有时，“货物”可以以受体为中介，跨越膜与包被结合。使用不同的包被，就能允许小泡把不同种“货物”从一个位点或者从不同“部门”运出去。

不过，在小泡发生机制中还有其他问题值得探索，其中很多与包被

形成的细节有关。比如，ARF和类似的分子是如何附着在细胞膜上的？哪些精确的相互作用使衣被蛋白固定到膜上？也有一些研究表明，某些脂质（脂肪）可能有助于ARF召集衣被蛋白来到膜表面，而且“货物”蛋白质本身可能影响包被的组成。我们还想了解更多有关各种衣被蛋白亚基的具体活动。令人振奋的是，在本文刊发时科学家已经确定了蛋白质运输中许多关键的步骤。不仅如此，细胞的效率也令人震撼，不同的小泡能在细胞间来往穿梭，井井有条地把蛋白质送往各处，这可是任何一个人造城市都无法比拟的。

扩展阅读

A New Type of Coated Vesicular Carrier That Appears Not to Contain Clathrin: Its Possible Role in Protein Transport within the Golgi Stack. L. Orci, B. S. Glick and J. E. Rothman in *Cell*, Vol. 46, No. 2, pages 171–184; 1986.

"Coatomer": A Cytosolic Protein Complex Containing Subunits of Non-Clathrin-Coated Golgi Transport Vesicles. M. G. Waters, T. Serafini and J. E. Rothman in *Nature*, Vol. 349, pages 248–251; January 17, 1991.

ADP-Ribosylation Factor Is a Subunit of the Coat of Golgi-Derived COP-Coated Vesicles. T. Serafini, L. Orci, M. Amherdt, M. Brunner, R. A. Kahn and J. E. Rothman in *Cell*, Vol. 67, No. 2, pages 239–253; October 18, 1991.

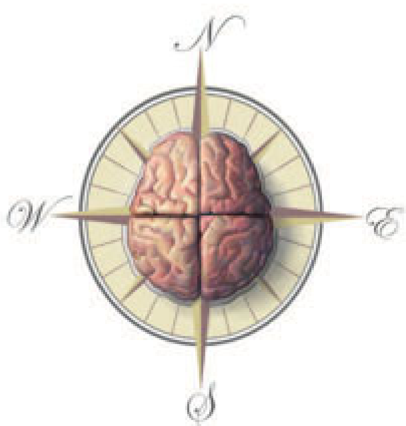
Stepwise Assembly of Functionally Active Transport Vesicles. J. Ostermann, L. Orci, K. Tani, M. Amherdt, M. Ravazzola and J. E. Rothman in *Cell*, Vol. 75, No. 5, pages 1015–1025; December 3, 1993.

Mechanisms of Intracellular Protein Transport. J. E. Rothman in *Nature*, Vol. 372, pages 55–63; November 3, 1994.

大脑中的定位系统

哺乳动物的大脑中，存在着一个类似GPS的空间定位系统，指引我们准确地从一个地方到达另一个地方。

撰文 / 梅-布里特·莫泽（May-Britt Moser）
爱德华·莫泽（Edvard I. Moser）
翻译 / 吴好好



本文作者梅–布里特·莫泽和爱德华·莫泽因发现大脑中形成定位系统的细胞，获得2014年诺贝尔生理学或医学奖。本文刊发于《科学美国人》2016年第1期。

本文译者吴好好，翻译本文时为瑞典卡罗琳斯卡医学院神经科学系博士，研究方向为神经回路的发育。


Width= 501 Level= 203
Stu: 05695
Ser: 001/03
Ima: 008/015
S120
Signa 1.5T
N
NE
NW
S
P
120
ST/I
TR:
TE:
FOV:



梅-布里特·莫泽和爱德华·莫泽是位于特隆赫姆的挪威科技大学心理学和神经科学教授。他们共同在2007年和2013年创建了卡弗里系统神经科学研究所和神经计算中心。

随着全球定位系统（GPS）的出现，我们在开车、驾驶飞机，甚至行走在城市的大街小巷时，许多习惯都发生了改变。然而在全球定位系统出现之前，我们又靠什么来辨识方向呢？最近的研究表明，哺乳动物的大脑中竟然存在着与全球定位系统类似的精密系统，能够为我们指引方向。

大脑究竟如何为我们导航？如同手机和汽车里使用的全球定位系统，大脑也是通过采集个体运动的位置和时间等多方面的信息，再加以整合计算，来判断我们身在何方，又将去向何处。通常情况下，进行这样的运算对于大脑来说并不费力，甚至整个运算过程在我们不知不觉中就完成了。只有在迷路，或者神经系统因为创伤、疾病受到损伤而造成功能障碍时，我们才会意识到大脑里这个与我们密不可分却常常被忽视的导航系统竟是如此重要。

获取自己所处位置的正确信息并确定下一步行动的具体方向，对每一个个体的生存都至关重要。如果没有大脑里的导航系统，包括人类在内的所有动物都将无法猎取食物，繁衍生息。毫无疑问，这将导致个体甚至整个种群的灭亡。

和其他动物相比，哺乳动物的导航系统尤为精密和复杂。相比人类多达上百亿的神经细胞，常常作为实验动物的秀丽隐杆线虫，仅有302个神经细胞。这种线虫的行动仅仅是追寻着某种分子的浓度变化，单纯依靠环境中的嗅觉信号来判断方向。

而神经系统更为复杂的动物，如沙漠蚂蚁和蜜蜂，则拥有更多的导航手段。其中一种与全球定位系统相似的常用方法称为路径整合，神经细胞通过实时监测动物相对于初始位置的运动方向和速度，并加以计算，获得当前所在的位置。通过这种方法，动物可以完全不依赖路标等外界线索，仅靠自身的神经系统就可以导航。对于脊椎动物，特别是哺乳动物来说，用于辨识方向的方法在此基础上又得到进一步演变。

与其他纲的动物相比，哺乳动物会根据周围环境形成神经地图，这实际上是一种膜电位变化组成的图样，它恰好能够反映出外界环境的空间布局，以及动物在环境中的位置。研究人员通常认为，这种大脑地图

形成于大脑皮层。大脑皮层是包裹在大脑最外侧的结构，呈凹凸不平的褶皱状，在神经系统的进化史上出现很晚但更为高级。

在过去的几十年里，只在一个动物移动时大脑如何形成并更新这些地图的问题上，研究人员有了深入的了解。在啮齿动物的大脑中，研究人员发现这种导航系统实际上是由几种不同种类的特化的神经细胞组成的。当动物在空间里运动时，神经细胞不断采集动物的位置及运动的距离、方向、速度等信息，并加以整合计算。通过不同神经细胞的共同努力，大脑中的动态地图就产生了。这些采集到的信息不仅能够反映动物当下的空间位置，还能作为记忆储存起来以备后用。

认知地图

关于大脑空间地图的研究始于爱德华·托尔曼（Edward C. Tolman）。他是美国著名心理学家，1918～1954年间在加利福尼亚大学伯克利分校担任心理学教授，以研究行为心理学著称。在托尔曼之前，实验室中的大鼠行为学实验似乎暗示了动物是通过对运动路径上不同刺激物产生的反应和记忆来辨识方向的。例如在大鼠穿越迷宫的实验中，研究人员就认为它们是对从起点到终点途中的一系列转折点进行记忆而走出迷宫的。然而支持这种假说的研究人员并没有考虑到，在实验中，大鼠的大脑可能已经形成了对迷宫空间布局的整体认知，并以此来规划走出迷宫的最有效路径。

自然导航

大脑中的导航系统

为了生存，几乎所有动物都需要有辨识周遭环境的能力，并在此基础上通过哪怕是简单的计算，了解个体曾经去过什么地方，现在在何处，之后又将去向何方。在进化上比较高级的动物，许多都演化出了“路径整合”系统，使得它们可以不依靠外界环境中的刺激因子进行空间定位。哺乳动物拥有一套更为精密的系统，能够运用大脑中内置的地图进行导航。



追踪气味

低等的秀丽隐杆线虫，可能拥有动物中最为简单的导航系统。气味，就是线虫世界的全部。依靠着仅有的302个神经细胞，线虫朝着气味较浓的方向移动，直到发现食物。

内置全球定位系统

进化让一些昆虫及其他节肢动物演化出较为复杂的“路径整合”系统。它们仅靠自身就可以监测相对于初始点的移动速度和方向。这使得它们可以判断出到达目的地最有效的路径。比如，若它们从A点到达B点时采用“Z”字形路径，从B点回到A点时则会选择直线而不是原路返回。

大脑地图

哺乳动物拥有更为精密的导航系统。它们移动时，大脑中的一些神经细胞会依次激活，恰好映射了它们的运动路径。这些神经网络为动物所处的物质世界勾画出一幅大脑地图。动物们将经历过的路径作为记忆储存起来，等到需要时再使用。

托尔曼彻底推翻了当时的这种主流观点。同样是通过观察大鼠穿越迷宫，他发现有时候大鼠会抄近路或是绕道。如果按照当时的观点，大鼠是通过记忆一系列的转折点来走出迷宫，那么就完全无法解释这种抄近路的行为。他大胆猜想，在大鼠的大脑中产生了关于迷宫空间几何结构的“地图”。这种认知地图不仅能够帮助动物识路，还可以记录动物在某个特定地点经历过的事情。

托尔曼最早在1930年前后就提出大脑认知地图的假说，但对此的争议在接下来的几十年中却从未停止过。这在很大程度上是因为这些仅仅是基于对大鼠行为的观察得出的结论，而通常对同一种行为却可以有不同的解释。在那个时候，没有任何实验工具或是想法可以支持他更深入地探索动物的大脑中是否确实存在着关于环境布局的“地图”。

直到40年后，关于神经细胞活动的研究才第一次为托尔曼的假说提供了直接的实验证据。在20世纪中期，微电极在神经科学领域的迅速发展，使得记录动物在清醒状态下单个神经细胞的电活动成为可能。研究人员可以在动物自由活动的过程中，记录单个神经细胞的兴奋状态。“兴奋”指的是细胞因受到刺激而产生动作电位，即静息状态下的细胞膜产生

的短暂膜电位变化。这种变化促使神经突触释放神经递质，从而将信号从一个神经细胞传递到下一个，使下一个神经细胞也兴奋起来。

英国伦敦大学学院的约翰·奥基夫（John O'Keefe，与本文的两位作者一起获得2014年诺贝尔生理学或医学奖）利用微电极检测大鼠大脑海马——大脑中负责记忆的重要区域中的动作单位。1971年，奥基夫在实验过程中发现，在海马中存在一种特殊的细胞，当大鼠经过封闭空间中的某个特定位置时，这些细胞就会兴奋，而当大鼠经过另一个位置时，另一些细胞则会兴奋，这种神经细胞因此得名“位置细胞”。将所有这些位置细胞整合起来，奥基夫发现刚好形成一幅能反映真实空间里不同位置的地图。更为神奇的是，通过读取大鼠海马中不同位置细胞的兴奋状态，奥基夫能够正确判断出在某一时间，大鼠在封闭空间里所处的精确位置。1978年，奥基夫和同事林恩·纳德尔（Lynn Nadel，本文刊发时任职于美国亚利桑那大学）认为，位置细胞是托尔曼所提出的认知地图中不可缺少的一部分，是认知地图的物质基础。

从位置细胞到网格细胞

随着位置细胞的发现，研究人员将探索的目光投向大脑皮层最深处的这些未知地带。这是大脑中与接收各种感觉刺激的感觉皮层和发出信号控制躯体运动的运动皮层距离最远的地方。在20世纪60年代末，当奥基夫开展这项研究的时候，人们对神经细胞的“兴奋”与“沉默”的了解，还仅仅局限于初级感觉皮层。这个区域的神经细胞的兴奋性直接受到来自外界的感觉刺激（光、声音、碰触等）的控制。

当时，同一领域的神经科学家们普遍认为，海马距离感觉器官太远，无论通过什么方式来处理输入信号，人类都难以从微型电极的记录中解读出来。而奥基夫正是用电极记录发现了海马中的位置细胞。他根据这种细胞的兴奋性绘制出的大脑地图，恰好复制了动物身处的外界环境，这个发现在当时无疑具有颠覆性。

尽管位置细胞的发现是神经科学发展史上的一座里程碑，但在之后很长一段时间内，研究人员都无从知晓这种细胞到底对动物导航起到什么作用。海马其他区域产生的信号传导通路的末端就是海马中的CA1区，位置细胞正处于此。由这种解剖学结构而产生了一种假说：位置细胞不是直接接收从外界传递来的位置信息，而是从海马其他区域中获取相关信息。2000年初，我们俩决定在挪威科技大学成立实验室，去验证

这个关于位置细胞的假说。正是这个决定将我们引向了一个重大发现。

我们和门诺·威特（Menno Witter，本文刊发时任职于本文作者所在的卡弗里系统神经科学研究所）及其他极富创造力的学生开展了合作研究。为了验证“位置细胞”是否从海马的其他区域接收信号，我们设法将海马中CA1区的输入信号切断，然后用电极监测大鼠位置细胞的兴奋状态。起初我们只是纯粹地想证实这个假说，但实验结果却令我们大为吃惊。尽管CA1区完全失去了从海马内部传递过来的信号，但是当大鼠运动到某个特定位置的时候，位置细胞仍然会兴奋。

毫无疑问，位置细胞并不依赖于海马内部的信号传导，而是从别处获取信息。但除此之外，直接传入CA1区的神经通路就只有一条，而这条通路刚好在我们干预海马信号通路时被忽视了。这就是紧邻海马CA1区的内嗅皮层，它是连接海马与其他皮层之间的媒介。

2002年，和威特一起，我们在大鼠大脑的内嗅皮层中植入了微电极。和对位置细胞的研究一样，我们让大鼠在封闭空间里自由行动，然后记录内嗅皮层里的神经细胞的兴奋状态。我们将微电极导入内嗅皮层的一个特殊区域，这个区域的神经细胞直接连接到位置细胞所在的海马CA1区，也就是在我们之前几乎所有的研究中都记录到位置细胞的地方。和位置细胞极为相似，当大鼠经过某个特定位置时，内嗅皮层里的许多神经细胞都会兴奋。而不同的是，内嗅皮层里的某个单独的神经细胞不仅仅是对某一个特定位置产生反应，而且在大鼠经过好几个不同位置时都产生兴奋。

这些内嗅皮层里被激活细胞最让我们惊讶的特性是，它们的兴奋性竟然遵循着某种特定规律。在我们使用小面积的封闭空间做实验时并未发现这个规律，而在2005年，当我们扩大了大鼠活动的空间后，这种规律就呼之欲出了。我们发现，同一个内嗅皮层神经细胞会在大鼠经过几个不同位置时被激活，而这几个位置在空间里恰好构成六边形的六个顶点，我们于是将这种细胞命名为“网格细胞”。当大鼠经过同一个六边形的任意一个顶点时，相应的网格细胞就会被激活。

实验中，大鼠所在的整个封闭空间都被这种六边形完全覆盖。这相当于一张网格，而每个六边形，就是网格的组成单元，和公路路线图上纵横交错的坐标线构成的方格异曲同工。这样的兴奋模式说明，与位置细胞不同，网格细胞提供的不是关于个体位置的信息，而是距离和方向。有了它们，动物不用依靠外界环境中的刺激因子，仅靠自身神经系

统对身体运动的感知，就能够知道自己的运动轨迹。

随着对内嗅皮层不同区域的网格细胞进行的研究不断深入，我们发现不同区域产生的网格不尽相同。在靠近内嗅皮层背侧的区域，也就是接近内嗅皮层上部的地方，网格细胞将空间划分为由更为紧凑的六边形组成的网格。而从内嗅皮层的背侧向腹侧，随着网格细胞越来越靠下，它们所对应的六边形会一级一级地逐步变大。也就是说，变大过程是阶梯式的，每一级代表内嗅皮层的一小块区域，而每一级内的网格细胞所对应的六边形大小都是一样的。

从内嗅皮层的上部到下部，网格细胞所对应的六边形的大小是可以计算的：上一个区域的网格细胞所对应的六边形的边长，乘以一个大小约为1.4的系数（准确来说是2的平方根），就等于当前这个网格细胞所对应的六边形边长。比如，大鼠要激活一个位于内嗅皮层最上部区域的网格细胞，它从六边形的一个顶点移动到相邻顶点的距离大概是30～35厘米。而要激活下方相邻区域的网格细胞，大鼠就需要移动42～49厘米，以此类推。在内嗅皮层最下方的区域，网格细胞对应的六边形的边长甚至可达数米。

对于网格细胞的这种非常有规律的组织方式，我们无比兴奋。因为在大脑皮层的绝大部分已知区域，神经细胞的兴奋模式都是杂乱无章、无规律可循的。而这里，在大脑皮层最深处的内嗅皮层，居然有这样一种神经细胞有序地排列着。我们期待更深入地了解它们。此外，哺乳动物的导航系统中除了网格细胞和位置细胞外，还有更多惊喜等待我们去发现。

早在20世纪80年代中期和90年代初，美国纽约州立大学下州医学中心的吉姆·兰克（Jim B. Ranck）和杰夫·陶布（Jeff S. Taube，本文刊发时就职于美国达特茅斯学院）就发现了一种神经细胞，每当大鼠面向某一个固定方向时，这种神经细胞就会被激活。这种被称为“头部方向细胞”的神经细胞位于前下托，这是大脑皮层中另一个紧邻海马的结构。

我们在内嗅皮层里也发现了头部方向细胞的存在，事实上，它们和网格细胞混杂在一起，并且很多内嗅皮层中的头部方向细胞兼具网格细胞的功能：在封闭空间内，这些细胞处于兴奋状态时的位置，也会形成一张网格，只不过，大鼠不仅要在这些位置上，而且必须面向特定方向时，头部方向细胞才会被激活。这种细胞无疑是动物大脑中的指南针。仅仅通过读取这种细胞的兴奋状态，研究人员就可以准确地知道，在任

意时间内大鼠的头部面对的方向。

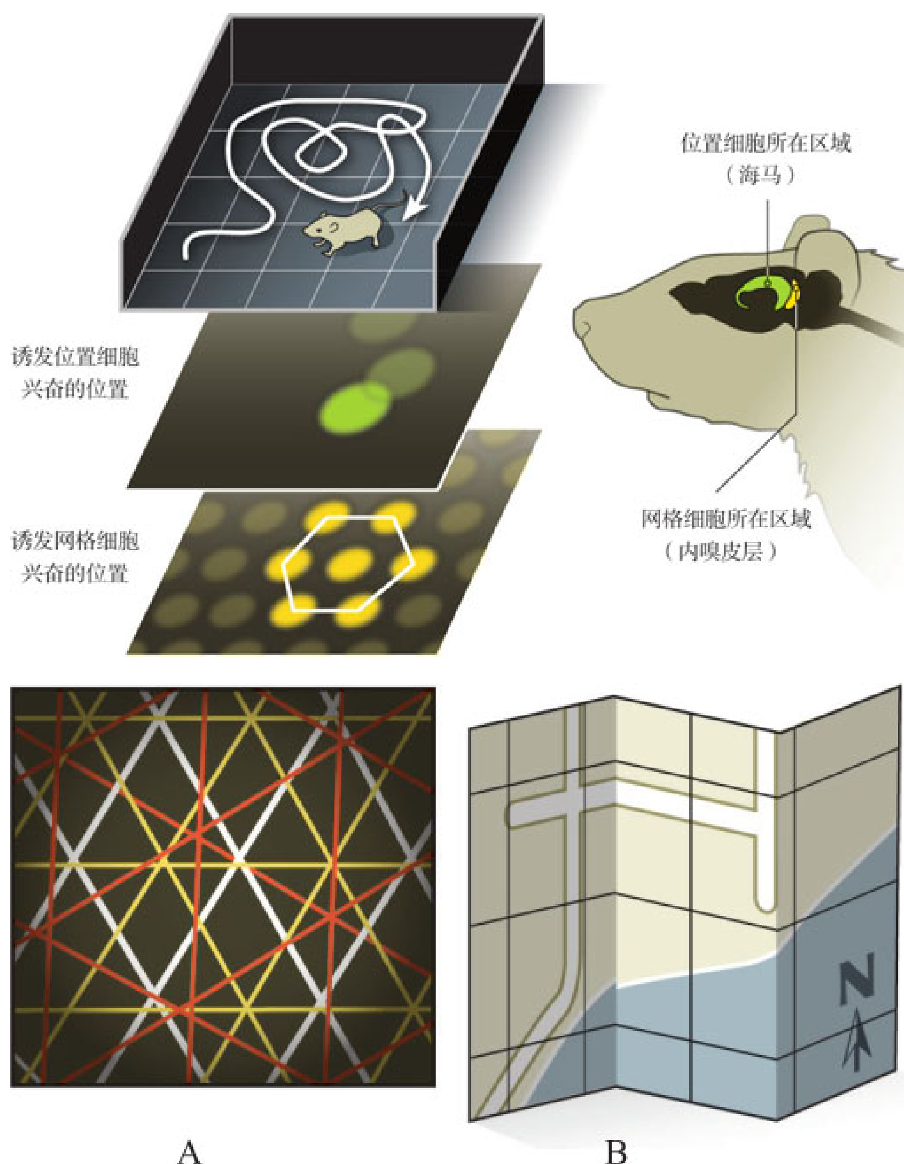
几年之后，也就是2008年，我们又在大脑的内嗅皮层发现了另外一种神经细胞。每当大鼠靠近墙壁、空间边界或是任何障碍物时，这种细胞就会被激活，故此得名“边界细胞”。边界细胞可以计算出大鼠与边界的距离，然后网格细胞可以利用这一信息，估算大鼠已经走了多远的距离。所以在之后的任意时间里，大鼠都可以明确知道自己周围哪里有边界，这些边界距离自己又有多远。

最终，2015年，第四种导航细胞隆重登场。这种细胞的兴奋状态反映了动物的运动速度，并且不受动物所处位置和方向的影响。这种“速度细胞”的放电频率会随着动物运动速度的提高而加快。事实上，仅仅通过记录为数不多的几个速度细胞的放电频率，研究人员就可以准确推算出大鼠当时的运动速度。速度细胞可能和头部方向细胞一起为网格细胞实时更新动物运动状态的信息，包括速度、方向以及到初始点的距离。

神经地图学

大脑如何寻找方向

哺乳动物的大脑中存在一幅空间地图，其结构复制了外界环境的空间几何分布，这一想法在1930年前后被首次提出。现在，组成这幅地图的神经细胞已经被陆续发现。具有里程碑意义的是，1971年一位拥有英美双重国籍的科学家发现，在大鼠运动的过程中，大脑海马中的位置细胞会在某个特定位置被激活。在2005年，本文作者发现了网格细胞，它可以让动物在它所处的环境中定位，也就是说，测量它所处的位置离空间的边界有多远。动物移动时，每个网格细胞会在几个不同的位置被激活，这几个位置连接起来正好组成一个六边形。



认知地图的产生

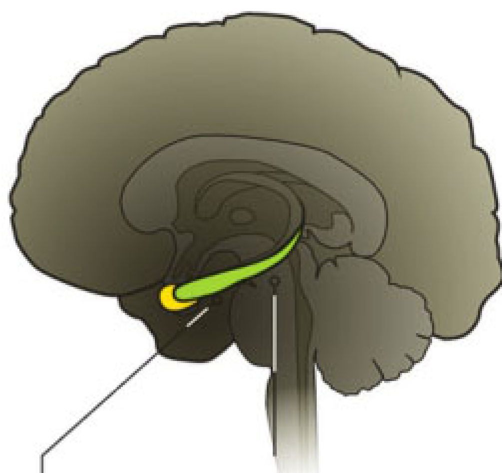
根据网格细胞的兴奋性绘制出的地图（图A），与动物身处的外界环境的地图（图B）之间存在某种相关性。网格细胞与可识别特定位置的位置细胞协作，能够在动物的大脑中构建一幅关于周围环境的认知地图。

组成部分

大脑定位系统的内部构造

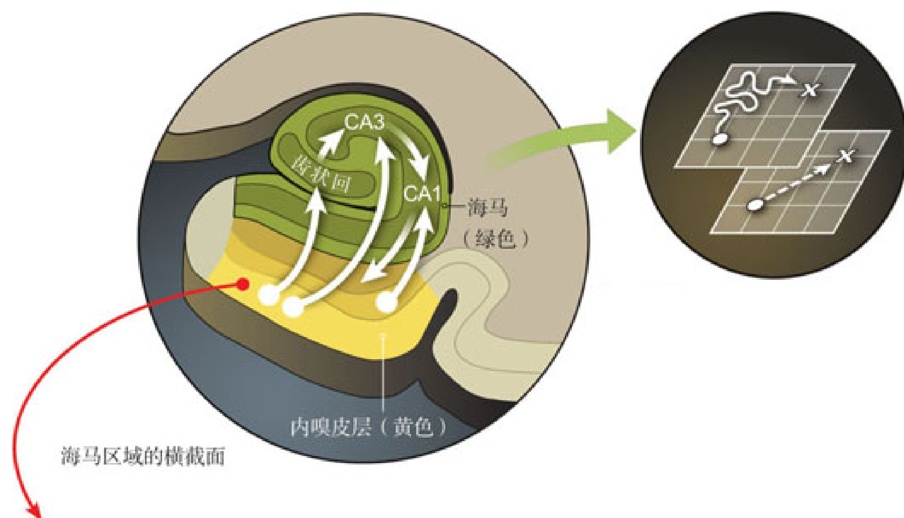
人类大脑中的导航系统位于大脑深处的颞叶内侧。颞叶内侧的两个结构——内嗅

皮层和海马——是大脑定位系统的关键组成结构。内嗅皮层里不同种类的细胞组成的神经网络，揭示了哺乳动物大脑导航系统非同一般的复杂性。



海马（位置细胞所在区域）

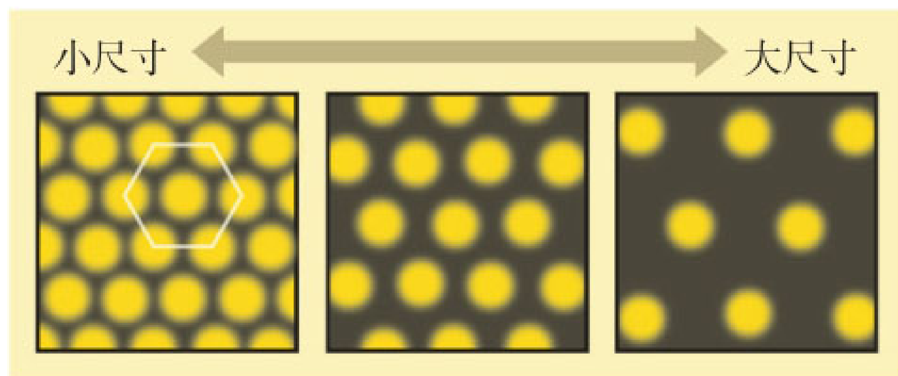
内嗅皮层（网格细胞所在区域）



海马的信号传递

位于内嗅皮层的网格细胞将关于动物运动的方向和距离的信息，通过不同的神经通路，传递到海马中的几个不同区域（齿状回、CA3和CA1），由此产生的大脑认知地

图可以帮助动物更好地规划未来的“旅程”。



网格细胞“特写”

从内嗅皮层的上部（背侧）向下部（腹侧），随着网格细胞越来越靠下，它们所对应的六边形会一级一级地逐步变大，这意味着要激活网格细胞大鼠需要移动更长的距离。比如，在内嗅皮层的背侧，大鼠在六边形的一个顶点激活某个网格细胞后，需要移动30～35厘米到另一个相邻顶点将网格细胞再次激活。而要激活内嗅皮层的腹侧的网格细胞，大鼠则需要移动长达数米。



其他特化细胞

在啮齿动物大脑的内嗅皮层，不同种类的细胞各司其职，将关于个体运动的方向、速度，以及到边界或障碍物的距离等信息传递至海马。通过整合这些细胞输出的信息，就可以形成一幅关于动物周围环境的完整地图。

从网格细胞到位置细胞

位置细胞是哺乳动物大脑产生认知地图的关键，随着网格细胞的发现，我们期待发掘更多向位置细胞传送信号的渠道。我们现在已经知道，当动物的大脑试图追踪它移动的路径和它将要去的位置时，位置细胞整合了内嗅皮层中来自多种类型细胞的信息。但这还不是哺乳动物导航机制的全部。

我们的研究起初只是集中在内嗅皮层的内侧，然而这并不能排除位置细胞从内嗅皮层外侧接收信号的可能性。内嗅皮层的外侧相当于一个中继站，会传递来自不同感觉系统的信息，包括物体的气味和属性等。将内嗅皮层内外侧传递过来的信息加以整合，位置细胞会综合分析来自大脑中各个结构的信息。我们实验室和其他一些实验室正在探索，海马是怎么解析这些从不同渠道接收到的信息的，关于特定空间位置的记忆又是如何形成的。显然，要完全回答这些问题尚需时日。

想要知道内嗅皮层内侧和海马分别形成的空间地图是怎样结合起来，为动物导航的，一个方法就是看这些地图有什么不同。早在20世纪80年代，纽约州立大学下州医学中心的罗伯特·马勒（Robert U. Muller）和约翰·库比（John Kubie）就发现，当大鼠来到一个崭新的环境时，海马中位置细胞形成的地图就会彻底发生变化，就连将同一个房间同一个位置的周围空间颜色改变，大脑里的地图也会变化。

我们实验室的研究发现，让大鼠在一连串不同房间的11个封闭空间里觅食，随着大鼠在不同房间里移动，大脑中很快就生成了不同的地图，每个房间的地图都不相同。这给海马为不同环境量身打造不同的空间地图的观点提供了实验依据。

然而和海马不同，在内嗅皮层内侧形成的地图却是通用的。在某个环境的特定位置上，处于兴奋状态的网格细胞、头部方向细胞和边界细胞，在另一环境的类似位置上也会被激活，就像是前一个地图中的经纬线又印在了新的环境中。比如，当大鼠从东北方向进入一个房间时，一系列神经细胞会因此激活；大鼠以同样的方式进入另一个房间时，同样的细胞又会以同样的顺序被激活。内嗅皮层里的这些细胞传递出的信号模式，会被大脑用来导航，帮助动物在周围环境中活动。

这些信息随后会从内嗅皮层传到海马，形成针对特定位置的地图。从进化的角度看，将两种地图整合起来用于导航可能是一种更为有效的方案。当动物从一个房间进入另一个房间时，内嗅皮层内层形成的用于测量距离和方向的网格无需发生变化，可以重复利用。相比之下，海马中的位置细胞则会为每一个房间单独定制一张地图。

本地地图

对哺乳动物神经导航系统的研究仍在进行中。我们所有关于网格细胞和位置细胞的知识，几乎都源于对大鼠或小鼠神经细胞电活动的监

测。而实验都是在高度简化的非自然环境中进行的，通常是一个拥有平整表面的空盒子，里面根本没有任何可以作为路标的结构。

自然环境和实验室有着本质上的不同：自然环境会不断变化，而且充满了不同的立体物体。在研究中所采用的简单化处理方式不可避免地会让人产生这样的疑问：当动物从实验室来到大自然中，网格细胞和位置细胞还会以同样的方式工作吗？

为了回答这个问题，我们在实验室里用复杂的迷宫模拟大鼠在大自然中的生存环境。2009年，在这个精心设计的迷宫中，大鼠每经过一个长胡同都会遇到一个U形弯道，弯道后接着下一个长胡同。我们用同样的方法记录网格细胞的兴奋状态。正如我们所料，网格细胞形成了六边形的图案，以记录大鼠在每一个长胡同里行走的距离。但是，每当大鼠经过U形弯道时，图案却突然发生变化。一个新的网格图案会出现，对应着新的胡同，仿佛大鼠进入了一个完全不同的房间。

我们实验室通过一些后续工作发现，在足够大的开阔空间中，网格地图甚至会分解成多个小地图。我们现在正在研究这些小地图如何整合成一个特定区域的完整地图。这些实验的设计尽管已经在最初的基础上加大了难度，但比起大自然的环境，还是过于简化，因为实验中所有封闭场地都是平坦的水平面。另一些实验室的研究人员则开始观察蝙蝠的飞翔或者大鼠在立体鼠笼里的攀爬。他们发现，延伸到三维空间后，位置细胞和头部方向细胞仍是在空间中特定的位置被激活，网格细胞可能也不例外。

空间和记忆力

大脑海马中的导航系统，其功能绝非仅限于帮助动物从A点移动到B点。除了从内嗅皮层内侧获取关于动物位置、距离和方向的信息外，海马还会记录出现在特定地点的物体——一辆车或是一根旗杆——和发生在那个地点的事情。因此，由位置细胞构建的空间地图所包含的信息不单是个体所在的位置，更有个体在特定位置各种经历的细节。这和托尔曼的认知地图的概念不谋而合。

关于动物经历的细节信息一部分源自内嗅皮层外侧的神经细胞。物体和事件的细节都和动物的位置信息一起储存在记忆中，当动物从记忆中提取位置信息时，在那个特定位置出现的事物和发生的事情也会同时被记起。

位置和记忆间的关联使人想起古希腊人和古罗马人发明的“轨迹记忆法”。轨迹记忆法是想象将一系列需要记忆的物品依次放置在一个景区或是一栋建筑的著名通道上，以此来记住这些物品。这种想象出来的放置形式通常被称为“记忆宫殿”。直到如今，许多记忆比赛的参与者仍然使用这种方法去记忆大量的数字、字母或是卡片。

遗憾的是，在阿尔茨海默病患者中，内嗅皮层是最早衰退的大脑结构之一。疾病的进程使得内嗅皮层的细胞死亡，整个内嗅皮层的尺寸也随之缩小，这个症状已被用于诊断易患阿尔茨海默病的危险人群。游荡和走失也已成为阿尔茨海默病早期的一个代表性症状。在阿尔茨海默病后期患者的大脑中，海马细胞大量死亡，使得患者无法回忆起经历过的事情，甚至一些概念，比如某种颜色的名称。事实上，最近一项研究发现，携带有阿尔茨海默病致病基因的年轻人患病风险增加，因为他们可能会带有网格细胞功能缺陷。这个发现可能有助于阿尔茨海默病的早期诊断。

探寻未知

到本文刊发时，距托尔曼第一次提出认知地图概念已经过去了80多年。我们清楚地认识到，在大脑理解和分析外部环境，计算个体所处的位置、距离、速度和方向这一复杂过程中，位置细胞只是一个部分而已。在啮齿动物的大脑导航系统中发现的多种细胞，也存在于其他物种，比如蝙蝠、猴子甚至人类自己。这意味着，诸如网格细胞之类的用于导航的细胞很可能在哺乳动物进化的早期就已经出现，因此类似的导航系统才存在于不同种类的哺乳动物大脑中。

托尔曼认知地图中的许多结构单元已经被一一发现，我们和其他许多科学家开始探索大脑是如何制造和有效利用这些导航细胞的。在哺乳动物的大脑皮层中，空间定位系统已经是我们了解得最为深入的神经回路。这些回路所用的算法，也逐渐被解析。我们希望有一天能够成功破译大脑导航的秘密。

正如许多未知领域一样，我们知道得越多，未知的东西也就越多。我们现在已经知道大脑里存在内置的地图，但我们更需要知道这个地图中的不同元素是怎样协同工作，以产生精确定位信息，以及大脑的其他结构怎样读取这些信息，以做出下一步行动的决定。

这个领域还有许多未解之谜。比如海马和内嗅皮层形成的空间网络

是否只能用于局部地区的导航呢？在啮齿动物中，我们用于实验的空间半径只有数米，而蝙蝠的迁徙距离有时能达到成百上千千米。在这个过程中，蝙蝠是否启动了位置细胞和网格细胞用于远距离导航呢？

最后，我们想要研究的问题还有：网格细胞是如何产生的？网格细胞是否出现于动物进化的某个特定时期？在其他脊椎动物或无脊椎动物中是否也存在网格细胞和位置细胞？如果真能在无脊椎动物中发现网格细胞，那么这无疑能说明，这种导航系统在动物神经系统进化史上已经出现了几亿年。无论如何，对大脑导航系统的探索发现将成为珍贵的宝藏，吸引数代科学家前赴后继为之努力。

扩展阅读

Grid Cells and Cortical Representation. Edvard I. Moser et al. in *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 15, No. 7, pages 466–481; July 2014.

Grid Cells and the Entorhinal Map of Space. Edvard I. Moser. Nobel lecture, December 7, 2014. **www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2014/edvard-moser-lecture.html**

Grid Cells, Place Cells and Memory. May-Britt Moser. Nobel lecture, December 7, 2014. **www.nobelprize.org/ nobel_prizes/medicine/laureates/2014/may-britt-moser-lecture.html**

The Matrix in Your Head. James J. Knierim in *Scientific American Mind*, Vol. 18, pages 42–49; June 2007.

在科技飞速发展的时代，与引领科学进步的先锋同行，将使我们窥见科学前沿的真貌，发现攀登科学顶峰的秘诀。本书精选20位近年来物理学、化学、医学和生理学领域的诺贝尔奖得主发表在《科学美国人》上的文章，带我们领略世界上最聪明、最有见地的大脑绽放出来的智慧火花，汲取诺贝尔奖得主的真知灼见，纵览世界上顶尖科学家的研究成果，感受他们追求真理的无穷乐趣。

我很欣赏《科学美国人》，因为它把世界科学更广泛地介绍给了读者。

——阿尔伯特·爱因斯坦

科学和艺术一样，都让我们的世界更加绚丽多彩，愿享誉百年的《科学美国人》传播科学精神，影响更多人。

——钢琴家　理查德·克莱德曼

我相信本书可以使读者增加智慧、增强对当代科学和科学家的理解。除天赋外，这些杰出科学家的刻苦勤奋、善于与人合作以及善于捕捉机遇的能力，使他们成为成功者。

——中国科学院院士　许智宏

一睹诺贝尔奖得主的智慧分享，

感知生命的奇迹，洞察宇宙的未来



记载人类文明

沟通世界文化

www.fltrp.com

未来地球简史

外研社

《科学美国人》精选系列



未来地球简史

哪些著名地标建筑因自然灾害正在消失？
3D 打印技术如何用于消灭入侵生物？
人工智能可否解决雾霾问题？
……

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 | 编



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS

《科学美国人》精选系列



未来地球简史

科技引领绿色未来

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 | 编



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS
北京 BEIJING

Copyright © Foreign Language Teaching and Research Press 2018

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of Foreign Language Teaching and Research Press.

本书版权由外语教学与研究出版社独家所有。如未获得该社书面同意，书中任何部分之文字及图片，不得用任何方式抄袭、节录、翻印或存储利用于任何数据库及检索系统等。

Published by Foreign Language Teaching and Research Press

No. 19 Xisanhuan Beilu

Beijing, China 100089

http://www.fltrp.com

图书在版编目（CIP）数据

未来地球简史 /《环球科学》杂志社，外研社科学出版工作室编．——北京：外语教学与研究出版社，2018.5

（《科学美国人》精选系列）

ISBN 978-7-5213-0041-3

Ⅰ．①未…　Ⅱ．①环…　②外…　Ⅲ．①自然科学 - 普及读物　Ⅳ．①N49

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第094254号

出版人　徐建忠
责任编辑　李盎然
责任校对　郭思彤
出版发行　外语教学与研究出版社
社　　址　北京市西三环北路19号（100089）
网　　址　http://www.fltrp.com
版　　次　2018年6月第1版
书　　号　ISBN 978-7-5213-0041-3

凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部
举报电话：（010）88817519
电子邮箱：banquan@fltrp.com
法律顾问：立方律师事务所　刘旭东律师
　　　　　中咨律师事务所　殷　斌律师

目　录

序
前言
话题一　地球家园危机四伏
　　极地告急
　　海岸“死亡地带”逐渐扩大
　　窒息生命的海洋
　　漏油猛如虎
　　湿地的终结
　　河口的生态危机
　　变调的自然交响乐
　　除草剂导致动物变性
　　蚯蚓“吞噬”森林
　　5年后，福岛仍然危险
　　气候变化威胁美国五大地标
话题二　人类的警醒
　　遏止全球变暖刻不容缓
　　煤电厂污染物会使作物减产
　　实践碳封存技术
　　虚假的碳交易
　　埋藏气候变化
　　否决“气候门”
　　“度”量气候变化
　　IPCC审查工作流程
　　给地球设定安全界限
　　热带雨林的第二次生命
话题三　人类不是地球的唯一居民
　　禁捕小鱼破坏生态
　　让鱼类安全通过水电站
　　禁售蓝鳍金枪鱼
　　乌龟拯救小岛生态

秃鹫困境
给美洲豹安家
如何驱逐象群
一个大象脚印，数十种生物的家园
人工选育“超级珊瑚”
话题四　环保技术带来生机
让去污剂更安全
加快绿色专利审批
细菌“吃”掉塑料
足球走向绿色
为地衣搬家
绿色屋顶为蝙蝠提供栖息地
黑足雪貂基因拯救计划
仿生树叶诞生
用假花消灭害虫
狮子面部识别技术
话题五　新能源开启新世纪
灌木丛中的绿色黄金
纤维素乙醇潜力巨大
去太空采集太阳能
叶绿素发电
细菌炼油厂
让风力稳定供电
植物：未来能源工厂
空中发电站
利用病毒发电
福岛核电站的归宿
埋葬“来自地狱的元素”
话题六　智能时代智慧地球
认知计算时代正在到来
医生装备透视眼镜
美国出台无人驾驶汽车法规
虚拟试验教孩子安全过马路

深海取样机器人
无线充电助力物联网

返回总目录

《科学美国人》精选系列

丛书顾问

陈宗周

丛书主编

刘　芳　　章思英

褚　波　　姚　虹

丛书编委（按姓氏笔画排序）

刘雨佳　　刘晓楠　　李盎然　　吴　兰　　何　铭　　罗　凯　　赵凤轩　　郭思彤　　韩晶晶　　蔡　迪　　廖红艳

序
集成再创新的有益尝试

欧阳自远
中国科学院院士　中国绕月探测工程首席科学家

《环球科学》是全球顶尖科普杂志《科学美国人》的中文版，是指引世界科技走向的风向标。我特别喜爱《环球科学》，因为她长期以来向人们展示了全球科学技术丰富多彩的发展动态；生动报道了世界各领域科学家的睿智见解与卓越贡献；鲜活记录着人类探索自然奥秘与规律的艰辛历程；传承和发展了科学精神与科学思想；闪耀着人类文明与进步的灿烂光辉，让我们沉醉于享受科技成就带来的神奇、惊喜之中，对科技进步充满敬仰之情。在轻松愉悦的阅读中，《环球科学》拓展了我们的知识，提高了我们的科学文化素养，也净化了我们的灵魂。

《环球科学》的撰稿人都是具有卓越成就的科学大家，而且文笔流畅，所发表的文章通俗易懂、图文并茂、易于理解。我是《环球科学》的忠实读者，每期新刊一到手就迫不及待地翻阅以寻找自己最感兴趣的文章，并会怀着猎奇的心态浏览一些科学最前沿命题的最新动态与发展。对于自己熟悉的领域，总想知道新的发现和新的见解；对于自己不熟悉的领域，总想增长和拓展一些科学知识，了解其他学科的发展前沿，多吸取一些营养，得到启发与激励！

每一期《环球科学》都刊载有很多极有价值的科学成就论述、前沿科学进展与突破的报告以及科技发展前景的展示。但学科门类繁多，就某一学科领域来说，必然分散在多期刊物内，难以整体集中体现；加之每一期《环球科学》只有在一个多月的销售时间里才能与读者见面，过后在市面上就难以寻觅，查阅起来也极不方便。为了让更多的人能够长期、持续和系统地读到《环球科学》的精品文章，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社合作，将《环球科学》刊登的“前沿”栏目的精品文章，按主题分类，汇编成系列丛书，包括《大美生命传奇》《极简

量子大观》《极简宇宙新知》《未来地球简史》等，再度奉献给读者，让更多的读者特别是年轻的朋友们有机会系统地领略和欣赏众多科学大师的智慧风采和科学的无穷魅力。

当前，我们国家正处于科技创新发展的关键时期，创新是我们需要大力提倡和弘扬的科学精神。前沿系列丛书的出版发行，与国际科技发展的趋势和广大公众对科学知识普及的需求密切结合；是提高公众的科学文化素养和增强科学判别能力的有力支撑；是实现《环球科学》传播科学知识、弘扬科学精神和传承科学思想这一宗旨的延伸、深化和发扬。编辑出版这套丛书是一种集成再创新的有益尝试，对于提高普通大众特别是青少年的科学文化水平和素养具有很大的推动意义，值得大加赞扬和支持，同时也热切希望广大读者喜爱这套丛书！

欧阳自远

前言
科学奇迹的见证者

陈宗周

《环球科学》杂志社社长

1845年8月28日，一张名为《科学美国人》的科普小报在美国纽约诞生了。创刊之时，创办者鲁弗斯·波特就曾豪迈地放言：当其他时政报和大众报被人遗忘时，我们的刊物仍将保持它的优点与价值。

他说对了，当同时或之后创办的大多数美国报刊消失得无影无踪时，170岁的《科学美国人》依然青春常驻、风采迷人。

如今，《科学美国人》早已由最初的科普小报变成了印刷精美、内容丰富的月刊，成为全球科普杂志的标杆。到目前为止，它的作者包括了爱因斯坦、玻尔等160余位诺贝尔奖得主—他们中的大多数是在成为《科学美国人》的作者之后，再摘取了那顶桂冠的。它的无数读者，从爱迪生到比尔·盖茨，都在《科学美国人》这里获得知识与灵感。

从创刊到今天的一个多世纪里，《科学美国人》一直是世界前沿科学的记录者，是一个个科学奇迹的见证者。1877年，爱迪生发明了留声机，当他带着那个人类历史上从未有过的机器怪物在纽约宣传时，他的第一站便选择了《科学美国人》编辑部。爱迪生径直走进编辑部，把机器放在一张办公桌上，然后留声机开始说话了："编辑先生们，你们伏案工作很辛苦，爱迪生先生托我向你们问好！"正在工作的编辑们惊讶得目瞪口呆，手中的笔停在空中，久久不能落下。这一幕，被《科学美国人》记录下来。1877年12月，《科学美国人》刊文，详细介绍了爱迪生的这一伟大发明，留声机从此载入史册。

留声机，不过是《科学美国人》见证的无数科学奇迹和科学发现中的一个例子。

可以简要看看《科学美国人》报道的历史：达尔文发表《物种起源》，《科学美国人》马上跟进，进行了深度报道；莱特兄弟在《科学

美国人》编辑的激励下，揭示了他们飞行器的细节，刊物还发表评论并给莱特兄弟颁发银质奖杯，作为对他们飞行距离不断进步的奖励；当“太空时代”开启，《科学美国人》立即浓墨重彩地报道，把人类太空探索的新成果、新思维传播给大众。

今天，科学技术的发展更加迅猛，《科学美国人》的报道因此更加精彩纷呈。无人驾驶汽车、私人航天飞行、光伏发电、干细胞医疗、DNA计算机、家用机器人、“上帝粒子”、量子通信……《科学美国人》始终把读者带领到科学最前沿，一起见证科学奇迹。

《科学美国人》也将追求科学严谨与科学通俗相结合的传统保持至今并与时俱进。于是，在今天的互联网时代，《科学美国人》及其网站当之无愧地成为报道世界前沿科学、普及科学知识的最权威科普媒体。

科学是无国界的，《科学美国人》也很快传向了全世界。今天，包括中文版在内，《科学美国人》在全球用15种语言出版国际版本。

《科学美国人》在中国的故事同样传奇。这本科普杂志与中国结缘，是杨振宁先生牵线，并得到了党和国家领导人的热心支持。1972年7月1日，在周恩来总理于人民大会堂新疆厅举行的宴请中，杨先生向周总理提出了建议：中国要加强科普工作，《科学美国人》这样的优秀科普刊物，值得引进和翻译。由于中国当时正处于“文革”时期，杨先生的建议6年后才得到落实。1978年，在“全国科学大会”召开前夕，《科学美国人》杂志中文版开始试刊。1979年，《科学美国人》中文版正式出版。《科学美国人》引入中国，还得到了时任副总理的邓小平以及时任国家科委主任的方毅（后担任副总理）的支持。一本科普刊物在中国受到如此高度的关注，体现了国家对科普工作的重视，同时，也反映出刊物本身的科学魅力。

如今，《科学美国人》在中国的传奇故事仍在续写。作为《科学美国人》在中国的版权合作方，《环球科学》杂志在新时期下，充分利用互联网时代全新的通信、翻译与编辑手段，让《科学美国人》的中文内容更贴近今天读者的需求，更广泛地接触到普通大众，迅速成为了中国影响力最大的科普期刊之一。

《科学美国人》的特色与风格十分鲜明。它刊出的文章，大多由工作在科学最前沿的科学家撰写，他们在写作过程中会与具有科学敏感性和科普传播经验的科学编辑进行反复讨论。科学家与科学编辑之间充分交流，有时还有科学作家与科学记者加入写作团队，这样的科普创作过

程，保证了文章能够真实、准确地报道科学前沿，同时也让读者大众阅读时兴趣盎然，激发起他们对科学的关注与热爱。这种追求科学前沿性、严谨性与科学通俗性、普及性相结合的办刊特色，使《科学美国人》在科学家和大众中都赢得了巨大声誉。

《科学美国人》的风格也很引人注目。以英文版语言风格为例，所刊文章语言规范、严谨，但又生动、活泼，甚至不乏幽默，并且反映了当代英语的发展与变化。由于《科学美国人》反映了最新的科学知识，又反映了规范、新鲜的英语，因而它的内容常常被美国针对外国留学生的英语水平考试选作试题，近年有时也出现在中国全国性的英语考试试题中。

《环球科学》创刊后，很注意保持《科学美国人》的特色与风格，并根据中国读者的需求有所创新，同样受到了广泛欢迎，有些内容还被选入国家考试的试题。

为了让更多中国读者了解世界科学的最新进展与成就、开阔科学视野、提升科学素养与创新能力，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社展开合作，编辑出版能反映科学前沿动态和最新科学思维、科学方法与科学理念的"《科学美国人》精选系列"丛书。

丛书内容精选自近年《环球科学》刊载的文章，按主题划分，结集出版。这些主题汇总起来，构成了今天世界科学的全貌。

丛书的特色与风格也正如《环球科学》和《科学美国人》一样，中国读者不仅能从中了解科学前沿和最新的科学理念，还能受到科学大师的思想启迪与精神感染，并了解世界最顶尖的科学记者与撰稿人如何报道科学进展与事件。

在我们努力建设创新型国家的今天，编辑出版"《科学美国人》精选系列"丛书，无疑具有很重要的意义。展望未来，我们希望，在《环球科学》以及这些丛书的读者中，能出现像爱因斯坦那样的科学家、爱迪生那样的发明家、比尔·盖茨那样的科技企业家。我们相信，我们的读者会创造出无数的科学奇迹。

未来中国，一切皆有可能。

陈宗周

话题一
地球家园危机四伏

大自然是一场交响音乐会：在名为环境的会场里，每个物种都有它们自己的位置，它们所发出的声音汇合在一起就成为了一场优雅而又壮阔的交响乐演出。然而，人类活动已经破坏了大自然的交响乐，生命也许会从生机勃勃变得沉寂无声。我们该怎样让这美妙的交响乐重新奏响？

极地告急

撰文 | 彼得·布朗（Peter Brown）
翻译 | 李天绮

近年来，极地地区冰川消融加剧令人担忧，一些监测结果显示，地球南北极地区气候变暖的步伐正在加快，这是否是地球气候灾变的前兆？人类的未来将如何？这些仍然是值得深思的问题。

地球南北两极气候变暖的步伐正在加快，拉响了新一轮科学警报。2008年2月28日，美国国家航空航天局（NASA）Aqua卫星上的摄像机航拍发现，一块面积相当于曼哈顿的巨型浮冰正在脱离冰架主体。这块冰架在接下来的10天内不断塌陷、断裂。到了3月8日，南极半岛海岸线外原本由大约1.3万平方千米的浮冰组成的威尔金斯冰架，已有410平方千米的冰块散落进了太平洋中。

算上这一次，近些年来南极地区发生的类似冰架坍塌事件已有7起，而在此之前的400年里，那里的冰盖却相对稳定。其他6起冰架坍塌事件包括：拉森B冰架3,400平方千米冰层解体，古斯塔夫王子道和拉森口冰架瓦解，以及琼斯冰架、拉森A冰架、穆勒冰架和沃迪冰架的消融。所有这些都验证了温度测量的结果：被专业人士称为“香蕉带”的南极半岛西部地区，气温升高的速度是地球上最快的。

就在威尔金斯冰架坍塌事件被发现的几天之后，英国南极调查局的一支科考队无意中拍到了该冰架的实地情况。全世界的科学家都因为这一事件而团结在一起。“现在，全球科学界内的联系空前紧密，”美国哥伦比亚大学拉蒙特－多尔蒂地球观测站的极地科学家罗宾·贝尔说，“我们都更加深切地感受到，变化确实在迅速发生。”相对温暖的空气似乎是导致冰架崩裂的主要原因。在南半球夏季的冰川融化期，浮动的冰架在周围海水的冲击下挤压变形，不可避免地产生裂缝，而冰层融化形成的水会充斥在这些缝隙之中。在较冷的气候条件下，这些裂缝无非是一些浅浅的表层“疤痕”。但缝隙内的液态水却像一把滚烫的刀，直切冰架的底部，将它一分为二。

冰架的分裂和融化本身并不会提升海平面。但冰架就像是一个瓶子

的软木塞，阻挡着陆基冰川向海洋缓慢移动的步伐。一旦这个塞子被拔出，那些冰川就可以长驱直入。科罗拉多大学博尔德分校美国国家冰雪数据中心的冰河学家特德·斯坎博估计，在冰架崩裂的“短短数月内”，冰川就会“加速行进”，“一两年内，冰川（流入海洋）的速度就会达到冰架完好无损时流动速度的4倍”。正如贝尔所说，结果会让“更多的冰块掉入海中”，导致海平面上升。



冰川

冰川（或称冰河）是指大量冰块堆积形成的如同河川般的地理景观。在终年冰封的高山或两极地区，多年的积雪经重力或冰河之间的压力，沿斜坡向下滑形成冰川。受重力作用而移动的冰河称为山岳冰河或谷冰河，而受冰河之间的压力作用而移动的则称为大陆冰河或冰帽。两极地区的冰川又名大陆冰川，覆盖范围较广，是冰河时期遗留下来的。冰川是地球上最大的淡水资源，也是地球上继海洋之后最大的天然水库。

由于冰川形成于长年封冻地区，所以，对冰川的研究可以帮我们找到远古时代的地质信息。由于温室效应在高纬度地区和高海拔地区格外明显，地球上的冰川正以惊人的速度消失。对于直接流入大海的冰川来说，这意味着巨型冰山的增多、海平面的上升以及沿海地区可能遭受到的泛滥；对于高山上的冰川来说，这意味着山脚下河流径流量的不稳定，即在大量融雪时造成水灾、其余时间则造成旱灾。



不过短期来看，最令人担忧的问题是北极的变化，即北冰洋海冰和格陵兰岛冰川的消融。温暖的空气和表层水在夏天融蚀着冰盖。海冰融化得越多，反射阳光的白色冰面就越少，更多深色会吸阳光的海面被暴露在外，从而加速海冰的进一步消融——由此形成了一个恶性循环。斯坎博说，这种失控效应会加快北极地区温度的上升，导致北极永久冻土层消失。

在格陵兰岛，气候变化与冰川间的故事也在重演。冰川临海的边缘部分正在加速，它们后面的冰层正在变薄。GRACE卫星对当地引力异常现象所做的测量显示，格陵兰冰盖，特别是南部冰盖，正在快速退化。贝尔说："这块冰盖正在'减肥'。"格陵兰的大量冰块滑入了大西洋中。

这些效应全加在一起会不会变成一个拐点？没有人知道确切的答案。研究人员正焦急地寻求着两大问题的答案：冰盖会以多快的速度滑入海中？还需要再升温几度，北极永久冻土层就会完全融化？一旦永久冻土层融化，大量冰封的甲烷就会破土而出。在这些甲烷进入大气的20年后，甲烷使地球升温的能力将是二氧化碳的72倍（100年后也仍然会是二氧化碳升温能力的25倍），所以甲烷一旦释放，地球就将面临一场失控的气候灾变。

冰川消融导致美洲荒漠

北极地区冰融速度的加快会威胁到温带地区。科学模型预测，如果海冰在夏末消融，沙漠带会北移，届时那里的气候会比美国西北部、欧洲东南部及中东地区更干燥。美国国家冰雪数据中心的朱利恩·斯特勒弗及其同事在2007年公布了他们的研究结果，表明北极海冰在过去15年内的消融速度快于现行模型的预测。2050年之前，中纬度地区就将被沙漠化——这比先前的预期提前了20～40年。

海岸“死亡地带”逐渐扩大

撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 刘旸

需要“减排”的不仅仅是二氧化碳，还有“氮肥”——海水富营养化所引起的海岸“死亡地带”正逐渐扩大。

吸收硝酸盐后，藻类开始疯狂生长。它们死后，海洋沿岸一带就会产生一片巨大的缺氧水域，形成“死亡地带”，墨西哥湾便是一个例子。最新研究表明，“死亡地带”的生态环境将日益恶化。分解硝酸盐的反硝化细菌已过度操劳：在充满腐败物质的排水沟中，它们平均能消耗16%的硝酸盐；即使在污染不严重的溪流中，反硝化细菌也只能消耗全部硝酸盐的43%。细菌的分解效率每况愈下，这就又为沿海地带的藻类留下许多食物。





另外，用玉米生产乙醇的计划，可能使现状进一步恶化。密西西比河是美国最大的河流，也是农田灌溉的主要水源。如果玉米种植量的增长速度保持现有水平，越来越多的氮肥将进入该河。到了2022年，密西西比河的氮污染程度将升高34%。科学家认为，如果美国政府既希望提高玉米乙醇的产量，又想降低氮排放量，唯一办法就是，让所有美国人停止食用肉类。

窒息生命的海洋

撰文 | 芭芭拉·洪科萨（Barbara Juncosa）
翻译 | 高瑞雪

沿岸海域水中不毛之地的出现，不仅是农业用肥惹的祸，气候变化可能也起到了刺激作用。气候模型预测了海洋含氧量的大规模下降，这也许会造成新的、更大的“死亡区”。

“荒漠”这个词，让人想到灰蒙蒙的荒芜景象，在那里生命是短暂而艰辛的——假如那里还有生命存在的话。海洋也同样有荒凉地带。科学家发现，沿岸海域水中不毛之地的出现，不仅是农业用肥惹的祸，气候变化可能也起到了刺激作用。不断扩张的死亡区不仅给生物多样性带来麻烦，还对诸多国家的渔业造成威胁。

死亡区并非新鲜事物。它们在世界重要经济生态系统中季节性形成，如墨西哥湾和切萨皮克湾。很多大规模死亡事件是由农业废料引起的。自20世纪60年代起，氮肥日益广泛的应用使“死亡地带”的数量每十年翻一番，到2008年已有405块死亡区散布在全球海岸线上。

另一种不太为人所知的荒漠也出现了，那里并没有农田营养物质的输入。这类死亡区于2002年夏季在美国俄勒冈州首次被人发现。俄勒冈州鱼类及野生生物部的戴维·福克斯说，通常“我们会看到大量鱼群和众多各异的物种”，但调查显示海底堆满了鱼类及无脊椎动物的尸体。造成这一现象的罪魁祸首是海水缺氧——在深层海水上涌到表层的海区内，有机物质分解后就可能出现这样的低氧环境。

俄勒冈州立大学海洋物理学家杰克·巴思评论说，缺氧区域出现在如此靠近海岸的地方，令研究人员十分震惊。十多年前，科学家从俄勒冈出海至少要航行80千米才找得到缺氧海水，但现在死亡区距离我们如此之近，甚至“从101号高速公路上打出一记全垒打”，棒球就可能落入其中。俄勒冈州立大学海洋生态学家弗朗西斯·陈说，令科学家感到惊讶和沮丧的是，“缺氧已经成为俄勒冈沿岸的一大特色”，因为这种现象每年夏天都会在海岸附近出现。



死蟹堆：美国俄勒冈州佩尔佩图阿角的一个潮水坑中，堆集着窒息而死的邓杰内斯蟹。气候变化似乎使一些水域极度缺氧。

上升流系统，如俄勒冈海域的上升流区，通常都充斥着生命。陆风把表层海水吹离海岸，下方富含营养的冷海水上升取代它们，使浮游生物繁盛，进而为众多海洋生物提供食物。事实上，上升流系统带来了极为高产的生态系统，仅仅1%的海洋面积，支撑了全世界20%的渔业产量。

但是，这些系统一旦增强，死亡区就可能形成。增强的原因可能是化肥物质流入，也可能像俄勒冈沿海那样是由于海洋环流变化。上升流增强会使更多营养物质到达表层，令表层浮游生物暴增。未被吃掉的浮游生物死亡后沉入深层海水，被那里的细菌分解，这一过程需要消耗氧气。如果有机体的分解速度超过表层新鲜含氧海水的供应速度，缺氧就会发生。



除俄勒冈以外，其他地区也出现了死亡区扩大的征兆。在南非，上升流生态系统的变化早在20世纪90年代初就被记录下来。由于沿海反复出现缺氧事件，价格不菲的大螯虾越来越频繁地来到更靠近海岸的地方寻找富氧海水，退潮后往往意外搁浅在海滩上。在智利和秘鲁沿岸，缺氧现象尽管已经持续数千年，但近几十年来，低氧事件后洪堡鱿鱼和鱼类堆满海岸的报道日渐增多，预示着某些变化可能正在酝酿之中。美国斯克里普斯海洋研究所的海洋生态学家莉萨·莱文指出，这些系统中缺氧期的延长可能导致“物种多样性迅速下降，某些种群，比如甲壳类动物，会更为迅速地绝迹”。

美国迈阿密大学的安德鲁·巴昆认为，全球变暖也许正在推动上升流的这些变化，这种观点是他在1990年首次提出的。随着大陆变热，较暖的陆地上方和较冷的海洋上方气压差异变大，使驱动海水上涌过程的陆风加强。例如，俄勒冈每次出现异常强风期，总是会有缺氧事件随之发生。尽管事实证明风的长期数据难以分析，但智利和南非的陆风几十年来似乎确实有所加强。

气候模型也预测了海洋含氧量的大规模下降。随着表层海水的变暖，它们吸收氧气的效率降低，像盖子一样阻碍氧气进入深层海水。如果氧气耗尽但富含营养物质的深层海水上涌到海岸区域，就可能引发局部缺氧。多项研究已经记录到整个太平洋含氧量的降低，这也可能是俄勒冈沿海出现缺氧事件的原因之一。

俄勒冈州立大学海洋生态学家简·卢布琴科说，科学家面临的主要挑战是，缺乏充足的上升流系统长期监测数据。有研讨会提出加强监测的迫切需要，以及科学家之间持续交流的重要性。卢布琴科指出，“这些系统显然是不完全一致的”，但是对它们进行比较可以帮助研究者计算出缺氧将会如何发展。最终，持续扩大的低氧区最终是否会终结全球渔业（或许更确切的问题是，会在何时终结渔业），要回答这一问题，预言未来气候变化将起到至关重要的作用。

漏油猛如虎

撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 蒋青

2010年4月20日，英国石油公司（**BP**）的石油钻井“深水地平线”发生爆炸，上百万加仑低硫轻质原油从距离美国路易斯安那州海岸**65**千米以外、**1,500**米深的地下喷涌而出，这一事件被称为墨西哥湾漏油事件。该事件所引发的环境灾难可能会持续数十年。

20多年前，埃克森公司的“瓦尔迪兹号”油轮在美国阿拉斯加沿岸倾覆。如今，威廉王子湾的海獭在掘食蛤蜊时，仍能刨到当年泄漏的石油。巴拿马巴伊亚拉斯米纳斯红树林沼泽和珊瑚礁附近的油轮破裂事故，也已经过去了近28年，水面上至今浮油点点。运输燃油的驳船“佛罗里达号”40多年前在美国科德角附近搁浅。时至今日，这片湿地水草之下的油污仍然让这块地方闻起来像个加油站。

美国墨西哥湾海岸恐怕也会遭到类似破坏：2010年4月20日，英国石油公司的石油钻井“深水地平线”发生爆炸，上百万加仑（1加仑≈3.785升）低硫轻质原油从距离美国路易斯安那州海岸65千米以外、1,500米深的地下喷涌而出。事故发生后的一周内，每天都有20万至数百万加仑的原油流入大海。然而，阻止井喷的行动却漏洞百出，而且反应缓慢。这次泄漏的原油总量最终将会超过“瓦尔迪兹号”数倍，长期危及野生动物的生存和当地人的生活。

原油里有多种有害化合物，但是最令人担忧的还是多环芳烃，比如萘、苯、甲苯和二甲苯。这些化合物会让人类、动物和植物患病。“如果吸入或吞入这些烃，那就更麻烦了，”美国得克萨斯理工大学的环境毒理学家罗纳德·肯德尔说，“在哺乳动物或鸟类等生物体内，这些芳烃可以被转化成毒性更强的物质，对DNA造成影响。”最终产生的突变会使动物生育能力减退，患上癌症，或出现其他问题。

然而，也不是所有的多环芳烃都会对环境造成威胁。因为蒸发作用，抵达水面的原油通常会损失20%～40%的烃。美国伍兹霍尔海洋研究所的海洋化学家克里斯托弗·雷迪说：“蒸发是件好事，能够选择性地

剔除大量我们不愿意在水体中看到的化合物。”原油也会乳化形成胶凝物，或者凝块形成所谓的“沥青球”。



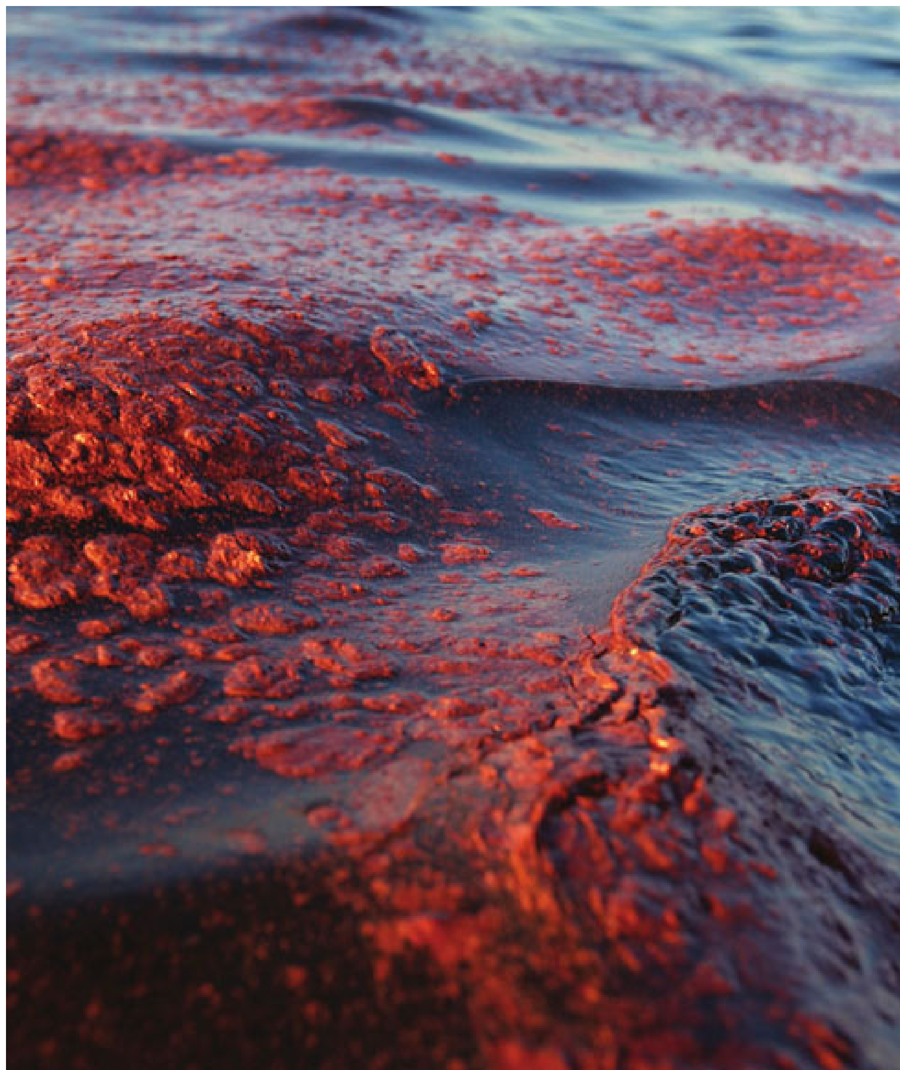
墨西哥湾漏油事故后续发展

事故发生后，漏油事故附近大范围的水质受到污染，不少鸟类、植物、鱼类以及其他海洋生物都受到严重的影响，如患病及死亡等。美国政府在2010年11月份的调查报告中指出有包括6,104只鸟，609只海龟，100只海豚在内的哺乳动物死亡，这个数字可能包括了自然死亡的动物，所有因深海漏油而死亡的动物数据断定尚待时日。2012年11月，英国石油公司与美国达成和解，接受12.56亿美元刑事罚款，另外提供23.94亿美元支付给野生动物基金会用于环境补救行动，3.5亿美元提供给美国国家科学院。此外在未来三年向美国证交会支付5.25亿美元。

令科学家惊讶的是，扩散达数千米的原油柱是从水面以下约1,000米的地方浮上来的，而在水面之下，石油中的有毒化合物会被冲刷出来，污染水体。雷迪说，这些化合物“在有机会渗入盐沼的过程中，渗透性会更强”，对野生动植物造成影响。受影响的野生动植物种类繁多，据

美国得克萨斯农工大学海洋生物学家托马斯·舍利统计，墨西哥湾中就生活着1.6万种动植物。这些生物的很多栖息地“都面临被污染物侵袭的危险”，但在2010年5月12日专为原油泄漏事故召开的新闻发布会上，美国国家海洋与大气管理局（National Oceanic and Atmospheric Administration，NOAA）局长、海洋生态学家简·卢布琴科表示：“我们没有任何直接的方法确定哪些栖息地受威胁，也无法确定它们的数量。”

舍利说，在井喷区域，“上层水体中的任何东西都会暴露”在石油的化学物质中。这对生活在那儿的数百万浮游动物来说，确实是个坏消息。这些污染最终会层层递进，影响到食物链上层。“如果从这张巨大的食物网中移除一些组成部分，会发生什么？”舍利自问自答，“我们确实不清楚，但恐怕不是件好事。”



海洋牛皮癣：英国石油公司的石油钻井“深水地平线”爆炸之后，墨西哥湾中形成了大量的浮油。石油中有毒的烃在数十年内都会对环境和健康造成威胁。

关于长期危害，研究者们最担心的是油污被冲上陆地的情况。“油污一旦因为高潮或海风的作用被推入海岸湿地，就会陷进沉积物中，”巴拿马史密松亚热带研究所的埃克托尔·古斯曼说道，他曾研究过1986年巴拿马海岸附近的石油泄漏事故，“此后的数十年里，你会发现油不断地渗出来”。沼泽是野生生命的孵化所，孕育着从鱼到鸟的各类生命，因此也特别关键。沼泽地带如果被污染，就可能伤害其中孕育的胚胎，会对一个物种产生持续好几代的影响。

油污能否被阻挡在湿地之外，取决于天气。波涛汹涌的大海会淹没阻挡油污用的障壁。“飓风，甚至热带低气压都是灾难性的，”肯德尔强调说，“它们会把油污推到难于清除的地方。”

当然，人人都希望能把油污尽快清除掉，避免上述危害发生。比起威廉王子湾，墨西哥湾的温暖气候确实有助于细菌和其他自然力加速降解油污。工人们先前更是倾倒了成百上千加仑的化学分散剂，让浮油散开。然而，分散剂本身具有毒性，使用它们会有风险，这也引起了环保主义者的关注。孰是孰非，NOAA的卢布琴科给出了最好的总结：“只要发生原油泄漏事故，就不会有什么好结果。”

湿地的终结

撰文 | 萨拉·比尔兹利（Sala Beardsley）
翻译 | 波特

湿地是位于陆生生态系统和水生生态系统之间的过渡性地带，在土壤浸泡在水中的特定环境下，生长着很多湿地特有的植物。湿地广泛分布于世界各地，拥有众多野生动植物资源，是重要的生态系统。美国的一项法案可能会使90%的湿地受到威胁。

2006年2月21日，是法官塞缪尔·阿利托上班的第一天。他坐在美国最高法院那九把高背椅的其中一把上，听取“拉佩诺斯诉美国政府”和“卡拉拜尔诉美国陆军工程兵团”这两起案件。它们虽然不像乔斯·帕迪利亚的反政府请愿案那样轰动，也不像联邦窃听案那样高端，但却可能比那些案件的影响力更大。两案并立，都要求法官们（特别是阿利托这种对投票还摇摆不定的人）做出判定：国家机构是否能够在干燥的、可开发的土地与天然的、受保护的湿地之间的浸水地带行使权力。支持原告的判决将使美国绝大多数湿地处于危险之中。

湿地——地球之肾

湿地指天然或人工形成的沼泽地等带有静止或流动水体的成片浅水区，还包括在低潮时水深不超过6米的水域。湿地与森林、海洋并称全球三大生态系统，在世界各地分布广泛。湿地是地球上有着多功能的、富有生物多样性的生态系统，是人类最重要的生存环境之一。湿地仅覆盖地球表面的6%，却为地球上20%的已知物种提供了生存环境，具有不可替代的生态功能，享有“地球之肾”的美誉。为了提高人们保护湿地的意识，1996年3月《湿地公约》常务委员会第19次会议决定，从1997年起，将每年的2月2日定为“世界湿地日”。

美国华盛顿特区的湿地问题律师玛格丽特·斯特兰德简要地说：“令人不安的是，保护生物多样性变成了对私人财产的调节。”这使得美国的两大原则，即联邦体制和环境保护之间发生了冲突。这种不安起源于1972年的《洁净水法》，它交给美国国家环保局一项任务，保护所有“可以航行的水域”免遭未经许可的排放物污染。后来，“可以航行的水

域”又进一步被定义为“美国的水域”。那时，相对更加宽阔的水体而言，湿地仅仅是安全工作的附加保护物。但是，对生物群系生态学价值的重视，促使法院对建立在广泛基础之上的政府权力给予支持。他们能够这样做，是因为“几乎任何一点点潮湿的地方，都被算作了美国的水域”，华盛顿特区的另一位律师唐·卡尔说。



危险：如果最高法院的判决支持原告（他们认为《洁净水法》管得太多了），美国的湿地，比如美国马萨诸塞州中部的这片湿地，就可能会失去联邦的保护。

约翰·拉佩诺斯和琼·卡拉拜尔是美国密歇根州的两名土地所有者，他们的土地与最近的航道有32.2千米的间距，并且中间还有一道护堤阻断了排水系统，但他们获得土地开发许可的申请还是被拒绝了。经过数十年的法庭斗争，请愿者已经形成了一支反对美国国家环保局的大军，他们认为美国国家环保局的权力过大了。在代表请愿者观点的一份摘要中，他们把政府的权力描述为“从最近的航道到向外几百千米的遥远沙漠都要管”——远远超出了他们认为国会给予这项法案的权力。实际上，拉佩诺斯向议员们游说，试图将联邦的权限限制在“实际上适于航行”的水域（即商业航道）和其邻近的湿地。但美国乔治敦大学法律教授理查德·拉扎勒斯认为，这样的诠释将会让90％受保护的湿地遭到掠夺。

关于湿地的糟糕计算

按照美国国家湿地管理者协会乔恩·库斯勒的说法，湿地是“地球上生物种类最丰富的地区”，但是在过去的一个世纪里，一半的湿地已经消失了。土地开发者试图通过在其他地方产生湿地来补偿损失，但是，这种代替通常距离原来的地区很远，不仅破坏了自然生态系统，还破坏了动植物栖息地的环境。

在过去的几年中，湿地保护上许多表面上的成绩——比如，一份2006年美国鱼类与野生动植物管理局（Fish & Wildlife Service, FWS）的报告第一次鼓吹湿地“没有净损失”——依赖于把这些刚刚形成的湿地纳入统计中。实际上，报告（综合了收益和损失的平衡差额）显示，12%的淡水湿地增加量来自新生的淡水池塘，它们“被认为不可能提供与湿地价值相同的环境价值”，报告的作者总结道。正如库斯勒评价的那样：“挖个农田池塘并不是恢复了一片湿地。”



美国国家湿地管理者协会会长乔恩·库斯勒解释说，各州并不愿意取代联邦的执行权力，因为只有一半的州有湿地规划。而且“地方团体对土地开发施加压力”，使地方的指导方针并不那么严格，斯特兰德补充说。卡拉拜尔的经历就是一个很好的例子：尽管密歇根州允许对有争议的土地实行共管，联邦政府却行使自己的权限，否决了这个规定。对于下游的污染问题，依据美国的州法律来处理，会产生更大的问题：在规定不

同的州之间倾倒污染物，将导致整个分水岭出现多米诺骨牌效应。“所有的排污者不得不做的事情是，到离上游足够远的地方倾倒污染物，”戴维·苏特法官在口头辩论时分析，“因为这些污染物最终会进入可航行的水道。”

然而，请愿者宣称，他们的土地其实被分隔得很好，不会造成这类问题。2001年最高法院的一项判决为他们提供了先例，确认了“水文学上划分”的湿地管辖在州的权限范围内。联邦制拥护者如罗伯特·皮尔斯，过去是美国陆军工程兵团的一名官员，曾经强烈支持美国国家环保局的法律，他现在则认为，政府对许可申请的否决经常达不到目的。皮尔斯认为，各州其实能够把闲散的资源重新派上用场，而永久性的政府规划只是“主要的经济排水沟”，把本该用于别处的资金浪费掉了。

然而，面对天然湿地的持续减少，政府的效率即使很低，也是有意义的。全球水政策计划组织主任桑德拉·波斯特尔强调说：“要保护国家的生物完整性，你就不能不保护这些水域。”而且，人们还是应该回忆一下，卡特里娜飓风——从那些曾经是湿地，并且本该作为防洪系统缓冲区的地方获得了威力——对社会造成的损失有多大。

然而，联邦的强烈支持者将拉佩诺斯案视为一个限制政治权力的机会。“这个案件不是关于丧失湿地或拯救湿地的，”皮尔斯说，他承认政府的退缩将导致环境破坏，“这个事件要求根据国会的界定，把联邦政府放到它本该处于的位置。在我看来，这才是更重要的问题。”

河口的生态危机

撰文 | 罗杰·多伊尔（Rodger Doyle）
翻译 | 丁莉

社会发展的代价之一是河流入海口的生态系统退化，河流入海口可能已经成为生态系统中的“死亡区”。保护河口生态系统已经刻不容缓。

河流入海口是淡水与海水交汇的地方，那里生态环境变化多端、异常复杂，也是许多经济种群（极具经济价值的生物物种）重要的栖息地。入海口和近海水域都受到了大致相同的环境压力的影响，生态系统长期退化。实际上，联合国在2006年宣称，中国最大的两条河流——长江和黄河的入海口已经成为“死亡区”。不仅河流入海口和近海海域的环境遭受破坏，连更广阔的海洋也同样受到影响。

为了评估河流入海口和近海海域的受害程度，重建它们的生态史，加拿大达尔豪西大学（位于加拿大新斯科舍省哈利法克斯市）的海克·洛策领导的一个国际研究小组分析了数百份文件。研究小组集中分析了12个位于温带地区的河流入海口及近海生态系统，它们长期受到人类活动的影响，短的有150年，最长的甚至达到2,500年。他们在每一片海域考察了30～80个物种，测定了7种水质参数，还收集了外来物种入侵的数据。

通常，在狩猎采集和农业时代，近海生态环境的退化程度较小。（不过，即使是史前人类也可以造成破坏；在美国旧金山湾，早期狩猎者捕尽了海獭、巨鹅、白鲟和当地的牡蛎种群。）大约300年前，市场经济开始发展，生态系统的生物多样性便急速降低。然而，过去50年来也出现了一些改善的迹象：鸟类的数量有所上升，爬行动物、哺乳动物以及植物的数量也大体保持稳定，只有无脊椎动物和鱼类的数量急剧减少。退化最严重的生态系统，是那些受到高强度商业活动影响时间最久的地区，比如亚得里亚海北部、波罗的海西部和沃顿海。

到20世纪末，他们研究的物种有91％出现了衰竭（即种群数量减少了一半以上），31％的物种已经十分罕见（减少了90％以上），7％的物种已经灭绝。种群数量的减少无法用外来物种（例如软壳蛤）的入侵

来解释，也不是气候变化的结果。

过去100年来，包括芬迪湾外部、圣劳伦斯湾南部和马萨诸塞湾在内的一些近海海域，物种种群数量有所增加，这显然要归功于保护得力。其他海域种群数量的减少速度也已放缓。洛策及其同事认为，这些趋势表明生态系统退化已经度过低谷期，开始踏上复苏之路，不过速度仍然缓慢。



变调的自然交响乐

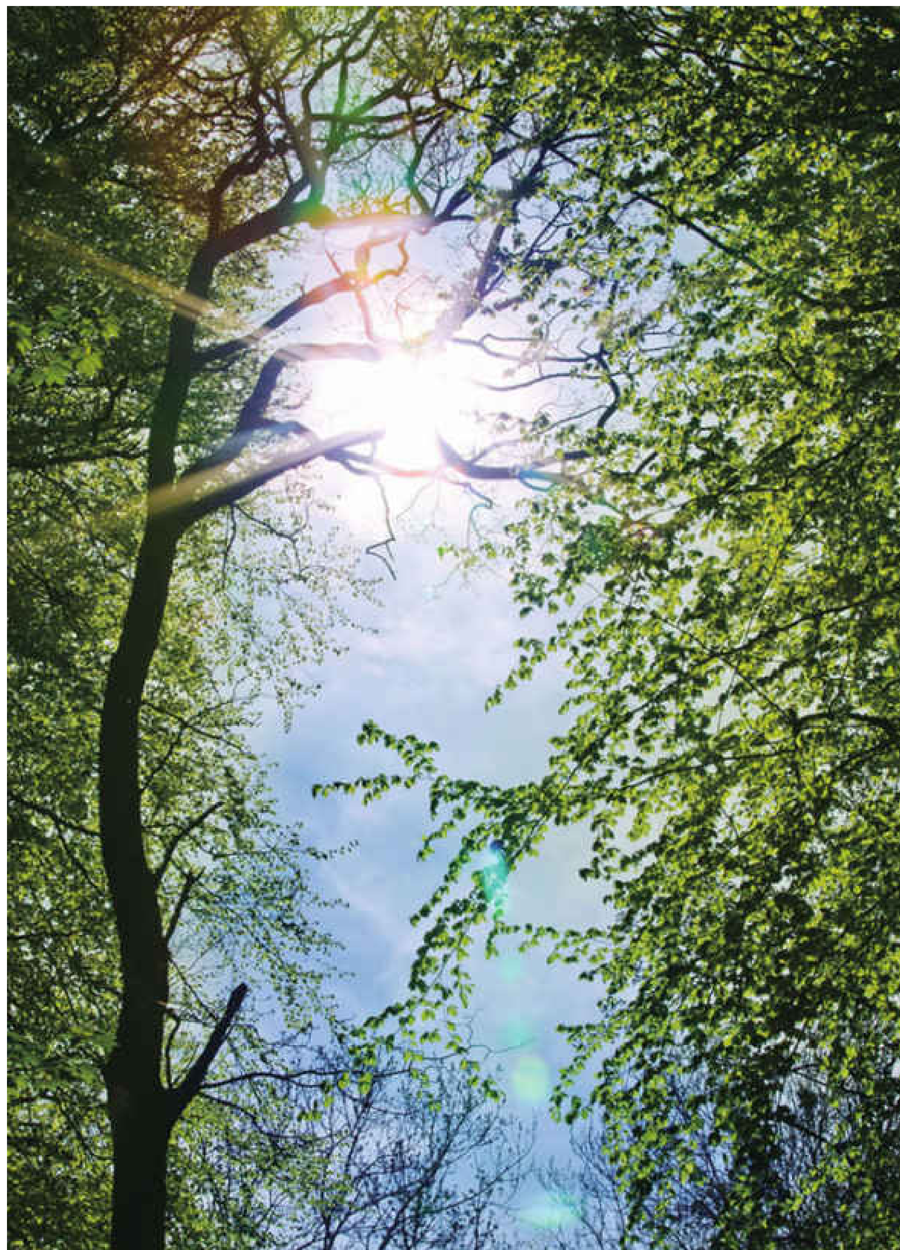
撰文 | 迈克尔·坦尼森（Michael Tennesen）
翻译 | 蒋青

如果把生命看成是一场音乐会，那么每个物种发出的声音汇合在一起就成为了一场优雅的交响乐演出。然而，人类活动已经破坏了大自然的交响乐，生命也许会从生机勃勃变得沉寂无声，这种转变足以发人深省。

对生物声学专家伯尼·克劳斯来说，那是一个灵感突然降临的时刻——当时，他正在肯尼亚的马塞马拉国家保护区，为美国加利福尼亚科学院录制自然环境中飞禽、走兽、昆虫以及两栖类动物发出的声音。克劳斯曾经是一位穆格电子琴演奏手，给乔治·哈里森、大门乐队和20世纪60年代的许多其他摇滚歌手伴奏过。在制作一场自然“音响风暴”的声谱时，他意识到“这就像是一份交响乐曲谱：每种动物都有自己的生态位，有自己的音域，就像管弦乐队里的各种乐器一样各有特色”。

克劳斯推断，大自然的这些“音乐家”合奏质量的高低，在很大程度上能够反映环境的健康状况。他认为，许多动物都演化出一种本领，能够在空闲音域中发声，以便附近的配偶及同伴听到它们的声音；但是人类活动产生的噪声无所不在，从头顶上嗡嗡作响的飞机，到路面上隆隆滚动的车轮，都在威胁动物的繁殖活动。

自20世纪60年代末以来，克劳斯已经从非洲、中美洲、亚马孙河流域及美国各地采集了超过3,500个小时的自然音响。他发现，至少40%的“自然交响乐”已经发生了根本性改变，可以肯定“乐队”的许多成员在这些地方已经灭绝。“森林被砍伐，湿地被排干，大地被道路分割，再加上人类的噪声，已经让‘自然交响乐’变得面目全非。”克劳斯现在负责管理美国加利福尼亚州的艾伦谷野生保护区，这里是自然音响资料的宝库。为了寻找未受污染的声音，克劳斯还去过美国卡特迈国家公园和北极国家野生动物保护区。即使在那些地方，要寻获理想的声音也得避开道路。



声音是评价自然环境状况的有用工具，美国康奈尔大学新热带区鸟类专家托马斯·舒伦贝格对此表示赞同，他曾经与人合写过《秘鲁的鸟》一书。舒伦贝格曾经远赴秘鲁东部的比尔卡班巴，那是一片常年被湿润云雾覆盖的蛮荒森林地带，“保护国际”组织想在那里建立保护区。尽管舒伦贝格随身携带着双筒望远镜，但他在观察鸟类的“黎明合唱会”时，还是选择了定向麦克风和录音机。就像他自己所说的：“你能听见的鸟比

能看见的要多好几倍。”

舒伦贝格相信动物会对一些噪声污染产生适应性，但这种适应是有限度的，特别是当噪声在环境中持久出现的时候。德国柏林自由大学的生物学家亨里克·布鲁姆在《动物生态学杂志》上撰文指出，在交通繁忙的地带，柏林当地的雄性夜莺鸣唱时，不得不把音量提高5倍。“这会对它们用来鸣唱的肌肉产生影响吗？”舒伦贝格对此很好奇，“它们还能唱得更响吗？还是会陷入困境，最终被人类的噪声掩盖？”

美国国家公园管理局在推行所谓的“自然声音项目”时，也遭遇到了类似难题。该项目主管卡伦·特雷维尼奥引述的一些研究表明：在飞机和直升机的噪声笼罩下，大角羊取食草料的效率降低，山羊则四处逃散，北美驯鹿的顺产率也有所下降。美国国家公园管理局的资深声学专家库尔特·弗里斯特拉普指出，人为声响带来的问题远不止噪声扰民这么简单。换句话说，噪声可以“掩盖自然界中一些轻微却重要的声响，比如脚步声和呼吸声——它们既能帮助捕食者发现并捕获猎物，也能帮助猎物逃脱捕食者的攻击”。

按照克劳斯的说法，声音还可以帮助人们确定，栖息地的破坏如何改变了物种的种群数量。他在内华达山脉的林肯草甸做过一项为期15年的研究。这一地区实行间伐制度，伐木工人声称这里没有发生什么变化。尽管从照片上看不出太多变化，但克劳斯发现，声音记录反映出物种多样性和物种密度的显著下降。克劳斯说：“从生机勃勃的自然交响乐到几乎沉寂无声——这种转变相当发人深省。”



除草剂导致动物变性

撰文｜戴维·别洛（David Biello）
翻译｜朱机

最近的研究表明，常用除草剂莠去津会破坏蛙的性发育。欧盟已经因莠去津的水污染能力而禁用了这种除草剂，而美国国家环保局宣布，考虑到人类健康问题，要对除草剂展开新一轮评估。人类或许应该对除草剂的使用更加慎重。

美国广袤的农田都浸没在农药莠去津当中。这种白色无味的粉末状除草剂，每年约有3.6万吨被施用到美国农田，其中约225吨会在空气中飘荡，最远可以飘到1,000千米之外，再随着降雨落回地面。所有这些莠去津都有可能对动物的性别造成影响：将雄蛙变成雌蛙。

在2010年3月1日的《美国科学院院刊》在线版上，美国加利福尼亚大学伯克利分校的生物学家蒂龙·海耶斯及其同事公布了自己的研究结果。他们把40只非洲爪蟾放在含有2.5ppb（1ppb为十亿分之一）莠去津的环境中饲养了3年，这一含量完全符合美国国家环保局的规定——饮用水中所含莠去津不得超过3ppb。结果，其中30只被“化学阉割”，造成无法生殖等一系列结果。有4只尽管基因型仍然是雄性，但完全变为了雌性，甚至能跟其他雄蛙交配，产下可以孵化的蛙卵。仅有6只爪蟾能够抵抗该药作用，或者说至少还能表现出正常雄性行为。





为了确保研究结果的准确，这些研究人员选用的都是携带ZZ性染色

体的雄蛙。在以前的研究中，“如果最后得到了两性同体的蛙，我们没办法通过试验分清它们是长了卵巢的雄蛙，还是长了睾丸的雌蛙，”海耶斯说，“全部都用ZZ雄蛙，我们就能肯定，任何两性蛙或雌蛙都确实是转换了性别的雄蛙。”蛙的性别由性染色体ZZ（雄）和ZW（雌）决定，不像我们熟悉的人类，是由XX（女）和XY（男）决定的。

导致性别改变的罪魁祸首可能是芳香酶，这种蛋白会刺激雌激素的产生，使原本的雄性生殖腺变成卵巢。莠去津可能会促进芳香酶的生成。

自20世纪90年代起，海耶斯就在莠去津生产商先正达公司的资助下开始研究莠去津。正是那一次研究率先提出了这样一个观点：除草剂可能会干扰动物（包括人类在内）的天然激素。大量针对这种内分泌失调的研究随即展开——有些研究确认，蛙等两栖动物正在遭受莠去津的不良影响；另一些研究则发现没有影响；还有一些研究甚至找到了证据，证明农业区男性精子数量减少。根据美国地质勘探局的报告，57%的美国水系中存在莠去津和其他除草剂。

但海耶斯的性别改变实验也不是没有遭到非议。德国柏林洪堡大学的生物学家沃纳·克洛亚斯认为，样品有可能被内分泌干扰物污染，比如塑料容器分解释放或筛选过程中带入的双酚A。他还对单一接触浓度提出了质疑，并指出实验缺少对被试爪蟾雌激素水平的检测。克洛亚斯本人也给先正达公司做过莠去津影响的复核检验，发现在类似于海耶斯的研究所采用的浓度环境下，非洲爪蟾并没有受到影响。

在非洲爪蟾的原栖息地，它们似乎并不怕这种除草剂。“莠去津在南非的使用非常普遍，而我们的研究显示，爪蟾在农业区和非农业区生活得同样良好，”南非西北大学的动物学家路易斯·杜普里兹说，“假如莠去津对野生爪蟾有这么严重的影响，我们肯定不可能到现在还没发现。”

不管怎样，欧盟已经由于莠去津污染水资源而禁用了这种除草剂。克洛亚斯说：“我们欧洲习惯根据宁可信其有的原则对待环境化学品，逐步停止使用能在环境中长期存在的化合物——对于这一点，我个人是赞成的。”

继2006年对化学品处理安全问题表态之后，美国国家环保局又在2009年10月宣布，考虑到人类健康问题，要对除草剂展开新一轮评估。毕竟，这种化学制品会影响许多物种。海耶斯指出：“在斑马鱼、金鱼、凯门鳄、短吻鳄、龟、鹌鹑和大鼠等动物身上，莠去津都会增加芳香酶

及雌激素的产量。所以说，事情不仅仅与蛙有关。”

莠去津

英文通用名：atrazine；化学名称：2-氯-4-二乙胺基-6-异丙胺基-1,3,5-三嗪。理化性质：外观为白色粉末，熔点为173℃～175℃，20℃时的蒸气压为40μPa，在水中的溶解度为33mg/L，易溶于有机溶剂，在微酸或微碱性介质中较稳定，但在较高温度下，碱或无机酸可使其水解。

莠去津的除草性质是1957年由瑞士的盖辛和克努斯利发现的，莠去津1958年由瑞士的嘉基公司开发生产，后来发展成世界产量最大的除草剂。中国在70年代开始生产。

蚯蚓“吞噬”森林

撰文 | 迈克尔·坦尼森（Michael Tennesen）
翻译 | 褚波

生态学家们发现，美国五大湖区的森林正遭到蚯蚓的威胁。物种入侵的背后是人类行为引起的生态系统失衡。这提醒人们：尊重自然规律，人与自然才能和谐发展。

美国明尼苏达大学的生态学家辛迪·黑尔曾给北美五大湖区许多忧心忡忡的居民回复电子邮件。她说，这些居民似乎都在自家花园里放养过蚯蚓，“现在他们却担心花园会寸草不生”。

长期以来，蚯蚓都被视为园丁的“好帮手”——它们能够使土壤松软并充满空气。但在五大湖地区，情况却截然不同。黑尔说，自从10,000年前上一次冰河期本土蚯蚓被严寒赶尽杀绝以来，美国东北部的森林就一直在没有蚯蚓的情况下进化着。现在，蚯蚓却回来了——有些是被垂钓者丢弃在森林里的鱼饵；有些是粘在越野车和运木卡车的轮胎上被带进来的；还有一些则是混在人们从其他地区带进来的覆盖料中“偷渡”来的。

蚯蚓作为一个入侵物种，使枫树、椴树、红橡树、杨树、桦树等阔叶树组成的森林遭到严重破坏（针叶林似乎并未受到太大影响）。按照美国卡里生态系统研究所（位于纽约州的米尔布鲁克）微生物生态学家彼得·格罗夫曼的说法：美国东北部的阔叶林地表都有一层厚厚的腐叶，这是对林中树木扎根十分重要的营养介质。一旦蚯蚓“闯入有着厚厚一层有机营养物的地区，这层有机物就会在2～5年内消失”。



美国五大湖区的阔叶林正遭到外来蚯蚓的破坏，图中的这种普通蚯蚓会吃掉腐叶，而腐叶正是对树木扎根十分重要的营养介质。

由于这个原因，东北地区一些原本有着茂盛林下植被的阔叶林，如今只能生长一种当地的草本植物，连一棵树苗都没有。显然，蚯蚓改变了这些森林地表的微生物生态系统：原来被真菌统治的生态系统，现在却成了细菌的天下。这些细菌使腐叶更迅速地转化为无机物，将植物的有机养分洗劫一空。

并非所有外来蚯蚓都具有破坏性。全球5,000种蚯蚓中，只有16种来自欧亚大陆的变种确实会破坏森林。垂钓者最喜欢用来做鱼饵的普通蚯蚓就是其中一种，体长可达15～20厘米。美国人所说的亚拉巴马跳蚯蚓（又叫蛇蚯蚓或疯蚯蚓）则是另一种破坏森林的蚯蚓，这是一种攻击性很强的亚洲蚯蚓，喜欢高密度群居，能跳离地面，甚至能从垂钓者的鱼饵罐里跳出来。这种蚯蚓胃口极好，对土壤危害也最大。

受到蚯蚓影响的不仅仅是植物。美国佐治亚大学的野生动物生态学家约翰·梅尔茨说，以这些蚯蚓为食的成年蜥蜴繁殖成功率更高，但蚯蚓太大以至于小蜥蜴无法吞食，而这些蜥蜴又是“蛇、小型哺乳动物、火鸡等很多森林动物”的猎物，这导致蜥蜴数量出现负增长。



黑尔说，一旦蚯蚓“落地生根”，人们就很难再把它们逐出森林。考虑到蚯蚓带来的严重影响，美国农业部最近向黑尔及其同事划拨了为期3年、总额为397,500美元的经费，资助他们研究蚯蚓入侵低温阔叶林造成的生态学变化。这些科学家还希望回答一些与营养和碳循环有关的问题，比如蚯蚓到底是在帮助土壤把碳“禁锢”起来，还是在帮助土壤把碳放回大气。黑尔解释说：“这个问题至今没有定论。”

科学家承认，最有希望的解决办法是限制蚯蚓的活动，毕竟如果只靠自己，它们的活动领地每年只能扩大5～10米。这就意味要有新的条例来监管通往森林的交通工具、垂钓者对鱼饵的丢弃行为、伐木工人的卫生设备及其使用等。黑尔还主张控制公共社区的堆肥行为：“我记得第一次听到这件事情的时候，觉得这个想法真棒。不过再仔细想想，你要到处去收集树叶、草种和蚯蚓，把它们混在一起堆成堆，然后再把它们一一分开。这个想法其实很糟糕。”

5年后，福岛仍然危险

撰文 | 麦德胡斯利·慕克吉（Madhusree Mukerjee）
翻译 | 李想

虽然日本福岛核事故已经过去5年多，但核泄漏发生地的污染废料处理仍是一个难题。

5年前（编者注：本文写于2016年，事故发生于2011年），一场毁灭性的海啸吞没了日本的东北部海岸，引发了自切尔诺贝利核事故以来最为严重的一场核事故。海浪漫过10米高的大堤，使福岛第一核电站的电力设施瘫痪，使其冷却系统失效，近一半的铀反应棒因过热而融穿了钢铁防护层。在接下来的几天内，氢气爆炸摧毁了三座核反应堆建筑，放射性物质因此泄露到空气中。在空中飘散的污染物迫使近16万人抛家舍业、举家逃难。



直至今天，事故发生地仍处于危机状态。当地的放射性水平仍居高

不下，那里的原居民在短时间内是不可能重返家园了。而更加棘手的是，危险的核废料目前只增不减。东京电力公司正采用水循环冷却法给三座被毁的反应堆降温，这种方法需要不断地排放具有放射性的污水。更糟糕的是，那些流经受创核电站背后小山的地下水，在汇入大海前也遭到了放射性物质的污染。

东京电力公司每天收集并存储于巨型水箱中的污水就达400吨之多。尽管最近已经开始采取办法降低这些污水中放射性同位素的浓度，但其中仍含有高浓度的氚元素（氚是氢的一种放射性同位素），且污水的最终安置地点问题也未得到妥善解决。此外，数百万袋的受污染表层土、固体垃圾以及铀核燃料也存在相同的问题。相关的健康报告同样令人担忧。科学家发现，虽尚不能确定是否由核泄漏事故引起，但当时居住在福岛的儿童患甲状腺癌的病例确实有所增加。

尽管如此，日本政府仍欲将核电重新提上议程。首相安倍晋三最近便强调了重启核电站的迫切性（在福岛第一核电站灾难发生后，日本所有的核电站都被迫暂停工作）。目前已有两座核电站重新开始满载运行。

数据统计

2020年～2021年 预计移除福岛第一核电站反应堆核残骸的时间

2051年～2061年 预计整个核电站彻底停止运转的时间

1,000亿美元 截至目前，事故所造成的经济损失；旅游业和食品出口所蒙受的间接经济损失尚未计入

3,200人 撤离引发的病致死亡和自杀死亡人数

1,000人 预计死于核泄漏诱发癌症的人数

气候变化威胁美国五大地标

撰文 | 安妮·斯尼德（Annie Sneed）
翻译 | 马骁骁

气候变化给人类生活带来多种灾害。人们引以为傲的地标性建筑也变得岌岌可危。人们会采取什么措施保护它们不受灾害侵袭呢？

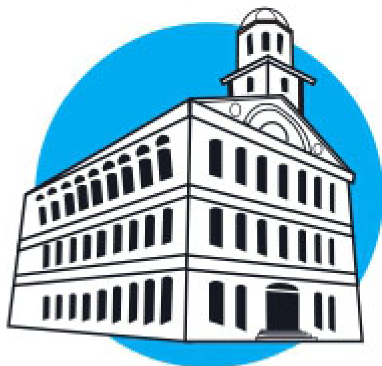
气候变化会带来干旱、暴风雨、食物短缺以及野火等灾害，这些都和人类生存息息相关。不仅如此，全球变暖还会影响到一些看不见、摸不着的东西，比如国家形象。忧思科学家联盟在5月发布了一份报告，详细描述了美国境内30多个遭到气候变化威胁的地标性建筑。报告中写道："如果我们希望下一代美国人也能像我们一样欣赏到这些名胜，我们现在就必须行动起来，保护它们不受气候变化的破坏。"



自由女神像
（**Statue of Liberty**），纽约

遭受威胁：飓风、风暴潮、潮水上涨、洪水

保护措施：飓风桑迪过后，美国国家公园管理局将自由岛的供暖系统和空调系统都做了防洪改造，并将岛上的电力系统所在位置的高度提高了20英尺（1英尺为0.3048米）。



法尼尔厅（**Faneuil Hall**），波士顿

遭受威胁：海平面升高、沿岸洪水

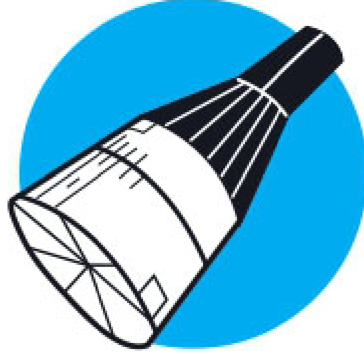
保护措施：波士顿市准备翻新该建筑，设立防洪墙。



哈特拉斯角灯塔（**Cape Hatteras Lighthouse**），北卡罗来纳州巴克斯顿

遭受威胁：海岸线侵蚀、海平面升高

保护措施：1999年，美国国家公园管理局耗资1,180万美元，将灯塔迁移到了距原址2,900英尺的新地点。在接下来几年内，可能还会再迁移一次。



美国国家航空航天局约翰逊太空中心

（**NASA Johnson Space Center**），休斯顿

遭受威胁：飓风

保护措施：太空中心安装了新的屋顶，可以承受风速高达130英里/小时（约209千米/小时）的飓风。2008年为了修理飓风艾克造成的损坏，太空中心花费了约8,000万美元。



梅萨维德国家公园

（**Mesa Verde National Park**），科罗拉多州

遭受威胁：野火、洪水

保护措施：美国国家公园管理局决定定期施行人工烧山，防止大型火灾发生。该举措同时会在峭壁表面留下硅氧树脂，这将使峭壁表面免受水的侵蚀，避免水土流失。

话题二
人类的警醒

尽管我们尚不知道大气中二氧化碳浓度的临界点，即增加多少二氧化碳才是安全的，但不管怎样，我们知道这个会令气候产生不可逆转变化的临界值是存在的，并且气候越温暖，我们就离危险越近。于是，从碳交易到碳封存，从政策到技术，全球都行动了起来，开始尝试多种方法来减少二氧化碳排放量。

遏止全球变暖刻不容缓

撰文｜戴维·别洛（David Biello）
翻译｜高倩

联合国政府间气候变化专门委员会（**IPCC**）在**2007**年发表的报告仍然低估了气候变化问题，气候问题可能比我们想象的严重，遏制全球变暖已经刻不容缓。

全球变暖已经不是新鲜的话题了。近年来，越来越多的迹象证明了它的存在：冰川融化、花期提前、平均气温不断上升。2007年2月，IPCC的科学家和外交官们在法国巴黎展开讨论，并最终出炉了一份气候报告。这份报告宣布全球变暖的存在是“不争的事实”，却省去了有关全球变暖正在加速的内容。IPCC删去了一些容易引发争议的论述，严格采用了获得同行认可的数据资料。因此，这样一份有些保守的报告，恐怕同2001年的气候报告一样，低估了全球变暖将带来的严重后果。

来自154个国家的2,000多名科学家参与了IPCC的运作。2007年2月出炉的这份报告只是从自然科学方面阐述了气候的变化。科学家先就与气体变化有关的各类问题（从气候改变的历史宏观角度到具体的地区性论述）分组草拟初稿，然后交给政府官员和其他评论家评议，收回3万多份反馈意见。最后，所有的科学家和外交官齐聚巴黎，逐字逐句地修改最终报告，改掉一些用词（例如用“不争的事实”替换“显而易见”），或者删去一些尚存争议的结论。

比如，在沙特阿拉伯等国家的反对下，报告删去了一句话，即“人类活动对地球热量收支变化的影响是太阳的5倍”。这份报告的撰稿科学家之一，英国利兹大学的皮尔斯·福斯特说：“事实上，这个比值应该超过10倍。”与历史数据相比，截至2007年，地球表面每平方米接受到的太阳热能增加了0.12瓦，而人类活动造成的热能增加则是每平方米1.6瓦。



气候变暖造成格陵兰岛康格尔隆萨克冰川大面积融化。

这份报告的保守性还反映了气候变化这个研究领域本身的局限。以海平面升高为例，不同的气候模型得出的预测值都在18厘米到59厘米之间。不过，没有一种模型能够完全描述格陵兰和南极冰川的融化可能会对海平面上升带来的更大影响，因为陆地冰川的融化无法用简单的方程

式来概括。



IPCC

联合国政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change，IPCC）是世界气象组织（WMO）及联合国环境规划署（UNEP）于1988年联合建立的政府间机构。其主要任务是对气候变化科学知识的现状，气候变化对社会、经济的潜在影响以及适应和减缓气候变化的可能对策进行评估。

IPCC本身不做任何科学研究，而是检查每年出版的数以千计有关气候变化的论文，并每五年出版评估报告，总结气候变化的“现有知识”。例如，1990年、1995年、2001年和2007年，IPCC相继四次完成了评估报告，这些报告已成为国际社会认识和了解气候变化问题的主要科学依据。

平均来说，格陵兰冰川的融化和移动速度都在加快，但这种变化并不呈简单的线性增长趋势。比方说，格陵兰的康格尔隆萨克冰川在自身重力的作用下流向大海，但是冰川的融化却使它的质量减轻、厚度变薄，流向大海的速度也放缓了。此外，美国华盛顿大学伊恩·豪厄特的观测数据显示，康格尔隆萨克冰川融水量的增长，有80%是在短短一年内发生的，随后又稳定了下来。正如美国宾夕法尼亚州立大学的冰河专家理查德·阿利所说：“冰盖的质量正在减轻，而且速度越来越快，尽管这不是造成海平面上升的主要原因，但仍然不容忽视。”事实上，许多因素都会影响格陵兰的冰盖。阿利说：“冰川就好比一头行事孤僻、行为复杂的巨型猛兽，想预测它的动向绝非易事。”

其他一些重要的因素，例如形成雷暴的对流，只能大致估算，而无法精确统计——与整个地球相比，它们的规模太小了。美国哥伦比亚大学从事气候模型研究的科学家斯蒂芬·泽比亚克说：“气候模型根本不可能直接模拟这些事件，因此研究人员只能尝试考虑这些过程的整体影响。”

尽管存在一些缺陷，但全球气候模型正变得越来越可靠。如果把过去100年内影响气候变化的因素输入模型，它们就能推算100年来的气候变化情况，结果与实际的观测记录基本吻合。这让科学家们对预测未来的气候趋势更有信心。

2007年4月，IPCC公布了第二份报告，描述了全球变暖会带来的影响，包括越来越频繁的大干旱、大洪水及其他极端气候现象。第三份报告于5月公布，报告探讨了一些应对措施，比如用新能源替代化石燃料。在美国，政府对替代能源的开发工作仍然支持不力，尽管投入到生

物燃料和氢燃料的资金预算有所增加，但其他可再生能源的研究经费却有所减少。

应对全球变暖离不开人才储备，可是阿利表示：“各国政府在寻找能源和气候问题解决方案方面投入的支持力度还不够大。一些学生还在犹豫，无法说服自己把这项事业当成毕生奋斗的目标。”无论如何，尽管IPCC的气候报告仍然保守，但传递的讯息已经十分明显：遏止全球变暖，刻不容缓。

煤电厂污染物会使作物减产

撰文｜阿什利·布劳恩（Ashley Braun）
翻译｜黄安娜

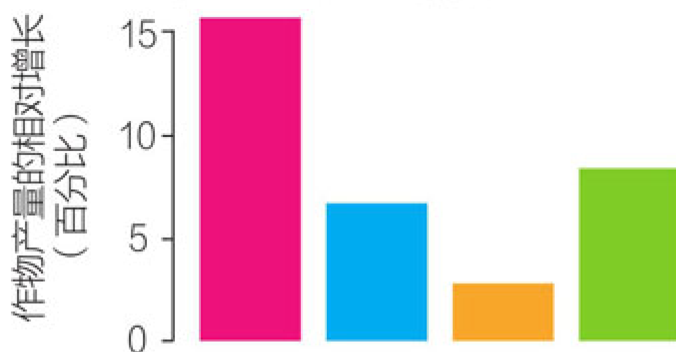
除了排出二氧化碳，煤电厂也会排出大量其他污染物，从而形成地表臭氧，也就是人们熟悉的烟雾污染。

美国前总统奥巴马推行的《清洁能源计划》旨在降低发电厂的二氧化碳排放量，以减轻对气候变化的影响，目前全美近20个州已经开始实施该计划。

尽管在过去一年里，各方对《清洁能源计划》意见不一，导致该计划处于法律上的“三不管地带”。现在，科学家发现：如果它被取消，作物的产量将下降。实际上，除了排出二氧化碳，煤电厂也会排出大量其他污染物，从而形成地表臭氧，也就是人们熟悉的烟雾污染。科学家早已证实，烟雾污染会导致哮喘发病率和过早死亡率升高。新研究关注的是另一个方面：如果按照《清洁能源计划》实施前的政策，到2020年，烟雾污染将导致4种主要作物（玉米、棉花、土豆和大豆）减产。

这个由环境工程师香农·卡普斯（现就职于德雷塞尔大学）领导的研究团队还比较了3种国家层面的应对农作物减产的政策。政策一是提高煤电厂发电效率；政策二与《清洁能源计划》相似，即设立国家标准，控制电力部门的二氧化碳排放量；政策三是建立碳排放收税制度。研究人员通过模型预测发现，实行政策三碳排放量最低，但实行政策二污染物排放量最少，作物产量最高。







研究人员计算了每一种政策在减轻“作物潜在生产力损失”（**potential productivity loss**，**PPL**）方面的效果。**PPL**是指到**2020**年时，烟雾对作物产量危害的预计值。由图可见，政策二的效果与《清洁能源计划》的预测结果最为接近。

实践碳封存技术

撰文｜丽贝卡·伦纳（Rebecca Renner）
翻译｜王雯雯

人们希望能够通过对排放的碳进行捕集及封存来应对全球变暖的危机，这一技术听起来似乎有点不可思议，但美国已经对二氧化碳封存开展了首次实战演习，结果喜忧参半。

在美国得克萨斯州休斯顿市以东的地下深处，一项旨在解答二氧化碳地下封存的若干技术问题的研究项目正在收获第一批试验结果。科学家们希望通过这类碳捕集及封存技术缓解全球变暖的危机，同时不对当地环境造成损害。在这个被称为“弗里奥地层”的地质结构中，初步试验数据正在源源不断地产生，为碳封存的方方面面提供了有益的指导。

埋藏二氧化碳可能会成为遏制全球变暖的一项重要举措。美国劳伦斯利物莫国家实验室的地质学家朱里奥·弗里德曼说：“到2050年，各国的二氧化碳年埋藏量将达到5亿至10亿吨。”地下能够封存的二氧化碳，相当于全世界数十年的排放总量。

咸含水层是孔隙中充满了咸水的砂岩层，这是分布最广、潜力最大的封存候选地点之一。但是科学家们需要进一步了解它们的性质。美国劳伦斯伯克利国家实验室的萨莉·本森说：“我们知道如何注入二氧化碳。30年来，石油公司一直采用这种方式从枯竭的油井中挤榨出更多石油。不过，要向地层大量注入二氧化碳，并使之长期封存于地下，这样的技术细节我们还并不清楚。”

商业企业也做过相关尝试——挪威国家石油公司经营的一座北海海上天然气田，向厚实的咸含水层每年注入100万吨二氧化碳。不过美国得克萨斯大学奥斯汀分校的地质学家苏珊·霍沃尔卡指出，类似的尝试其实不太适合科学研究。她强调，要想改进模型，使之能够更准确地描述地下发生的变化过程，研究人员需要密切监控注入试验的进程；商业油气田的开采作业过于繁忙，无法进行这样的研究。



最早将二氧化碳泵入地下的，是北海上的**Sleipner**天然气田。不过，作为一个商业气田，它无法为科学家提供详尽的数据来评估地下碳封存技术。

弗里奥实验项目便是在这种情况下启动的。2004年，这项由霍沃尔卡主持、投资金额达600万美元的项目，开始将3,000吨二氧化碳压缩为超临界流体，并加热到15摄氏度，然后泵入地下约1.6千米深处的一个厚达23米的砂岩层中。霍沃尔卡说，他们“想让二氧化碳渗入岩石的孔隙，并滞留在一些孔隙中，溶解在咸水里，甚至产生出一些新物质”，以此来困住二氧化碳。令她满意的是，三维地震成像技术等监测手段显示，几乎所有注入弗里奥地层的二氧化碳都被滞留在孔隙中，或者溶解在了咸水里。



封存二氧化碳：处于超临界流体状态的二氧化碳，被泵入美国得克萨斯地下的弗里奥地层，以检验地下碳封存技术。

但是霍沃尔卡和美国地质勘探局的地质化学家优素福·卡拉卡，还有他们的同僚们同时也发现，溶解在咸水中的二氧化碳让水变酸了。酸水又会溶解砂岩所含的一些矿物质，将其中的方解石和以铁为主的金属元素释放出来。这可能是好事，也可能是坏事。溶解部分岩石，为储藏二

氧化碳提供了更多空间。但是释放出的金属元素可能会迁移至地面，对环境造成危害。例如，一些咸含水层可能含有砷和铀，对于这些元素，最好让它们一直沉睡在地下。

不过卡拉卡声称，咸含水层仍然是封存碳的极佳地点，在密闭性好的含水层里，这样的流体不会逸出。他指出，酸化的咸水可能会腐蚀水泥，因此在建造注气井时，必须使用抗酸的水泥，而那些陈旧的废弃井道必须严格禁用。

美国麻省理工学院的化学工程师霍华德·赫尔佐克认为，弗里奥的数据还有助于评估其他的试验地点。他说："一方面，该实验能帮助我们精挑细选出最佳的封存地点；另一方面，它也有助于积累知识，以便将碳封存技术推广，应用到许多情况各异的地点。"他补充说，关于二氧化碳如何在地层中渗透的详细数据，只能通过像弗里奥这样的研究项目得出。

霍沃尔卡和她的同事们也许需要抓紧工作：碳封存的商业化即将来临。2006年夏天，日本公开了他们的计划，打算到2020年每年封存2亿吨二氧化碳。石油巨头英国石油公司计划在洛杉矶附近建成一座耗资10亿美元的石油焦转化厂，将石油焦这种精炼原油时的副产物转化为氢，并每年封存约400万吨二氧化碳。



虚假的碳交易

撰文 | 麦德胡斯利·慕克吉（Madhusree Mukerjee）
翻译 | 张连营

曾经被世界寄予厚望的“碳补偿计划”，即“清洁发展机制”在实施过程中并非那么顺利，它或许并不能像人们所预期的那样承担起减少温室气体排放量，遏制气候变化的重任。

工业废气是导致全球变暖的重要因素。人们通常认为，联合国提出的“清洁发展机制”（Clean Development Mechanism，简称CDM），是减少工业废气排放量的一条便利途径。作为《京都议定书》中的一个条款，“清洁发展机制”允许工业国家从绿化成本较低的贫穷国家购买“碳补偿额度”，部分实现温室气体减排。2005年，联合国首度发布“碳信用额度”，到2009年，碳交易量已达到2.5亿吨二氧化碳。《联合国气候变化框架公约》执行秘书伊沃·德博尔宣称，随着对碳排放的要求越来越严格，碳补偿将会“发挥越来越重要的作用”。

清洁发展机制

清洁发展机制是《京都议定书》下唯一一个包括发展中国家的弹性机制。《京都议定书》对联合国气候变化框架公约国家（均为发达国家）有具体的温室气体排放指标规定，其中不少国家一来不愿降低生活水平以降低能耗，二来节能技术已经达到较高水准，继续挖潜难度较大，因此达到规定目标有困难。清洁发展机制允许这些发达国家通过帮助在发展中国家进行有利于减排或者吸收大气温室气体的项目，作为本国达到减排指标的一部分。



熊熊“碳”火：燃烧油田产生的废气会产生致癌物质和其他危险化合物，因此这一做法在尼日利亚被视为非法。但石油公司长期燃烧油田废气，因为这样就能利用“碳补偿计划”获取“碳信用额度”。



与此同时，针对CDM的批评声却日益高涨。批评者认为，尽管法规的制定者确实付出了艰辛努力，但相当一部分“碳补偿额度”只是一堆精心编造的虚假数字，导致一些国家大量排放温室气体，而其他国家也没有实施“补偿性减排”。

这种“数字游戏”的基础是“额外性”概念。为了获取碳信用额度，一个新项目从一开始，就要将生存目标瞄准“碳信用额度”带来的预期收

益：项目进行中，温室气体排放量应低于不存在CDM时的水平。也就是说，相对于其他常规项目，新项目的温室气体减排量是“额外的”。因此，印度的一个电力开发商用风电厂替代火电厂后，就可以出售温室气体排放量的差额，作为一种补偿——不过，如果风电厂已在印度普遍存在（即风电厂已成为常规项目），那么新建风电厂就不能产生“碳信用额度”了。

然而，许多CDM项目似乎根本没起到抵消碳排放的作用。美国加利福尼亚州伯克利市的国际河流组织发现，1/3的CDM水电项目没有经过验证就已经完工了。德国应用生态研究所的兰贝特·施奈德认为，全球所有CDM投资项目中，大约2/5的项目的“额外性”都有问题。据美国斯坦福大学气候学家迈克尔·瓦拉猜测，实际比例可能还要高一些，“但为何会这样，我们无从得知”。

英格兰著名环境组织“角楼”的研究人员拉里·洛曼解释说，判定哪些项目具有“额外性”非常困难，“单一的世界线（即物体在时空中经过的路径）是不存在的。如果没有CDM项目会发生什么情况，对此也不会只有一种说法。这是一个无法解决的难题”。

另一个令人担忧的相关问题是发展中国家动机不纯。在评估某个碳补偿项目时，评估顾问通常会考察即将接手该项目的发展中国家，并把该项目与这个国家以往的常规项目放在一起比较。这样的评估方式会刺激发展中国家尽量采用污染最严重的生产线，以便于从CDM项目中获取最高“碳信用额度”。这些含有大量“水分”的信用额度被出售后，将导致温室气体排放量增多，反倒不如根本不存在“碳补偿计划”。

废气燃烧在尼日利亚引发的争议便是一个典型例子。在该国石油公司开采石油时，随石油一起发现的天然气通常有40%会被烧掉。相反，尼日利亚国有阿吉普石油公司则用旗下企业卡瓦乐炼油厂产生的废气发电，替换了本来用作发电的化石燃料，以减少温室气体排放量。这种策略为尼日利亚赚取了150万吨二氧化碳的可出售信用额度（在欧洲，1吨二氧化碳的信用额度即为一个认证减排单位，售价为15美元）。由于出售“碳补偿额度”能得到丰厚的回报，大大提高了开发商的积极性，因此废气燃烧项目被认定为具有“额外性”。

但石油观察组织激进主义者迈克尔·卡里克珀认为，这种做法简直让人“忍无可忍”。在尼日利亚，燃烧废气是一种非法行为，因为这样会产生苯等致癌物质，还会引发酸雨。他补充说，任何公司都不能通过践踏

法律来获利，“这就好比一名罪犯索取钱财后才停止犯罪”。然而，发展中国家宣布某个项目具有“额外性”的动机非常强烈。尼日利亚泛洋石油公司已向CDM提出申请，希望处理加工旗下Ovade-Ogharefe油田制造的废气。如果政府从现在开始推行法律禁止燃烧废气，该项目会被认定为不具有“额外性”，尼日利亚也将牺牲一笔可观的利益。

不过，CDM执行委员会已调整评审程序，提高“额外性”测试的严格程度。例如，该委员会现已不再接受以三氟甲烷（简称HFC-23，生产制冷剂时产生的一种温室气体）为燃料的项目申请，因为这些项目带来的“碳信用额度”就像“天上掉下来的馅饼”，会进一步刺激人们仅仅为了燃烧三氟甲烷而设立更多化工厂（由于三氟甲烷的高聚热性能，每燃烧1吨三氟甲烷获得的二氧化碳信用额度多达12,000个）。

一些观察人士认为，“清洁发展机制”的发展方向已远远偏离了降低温室气体排量的初衷。瓦拉认为，再多的修补都已无法堵住“额外性”这个“根本性的设计漏洞”。2008年11月，美国国家审计总署发出警告：碳补偿计划“也许并非缓解气候急剧变化的长期、可靠的办法”。2009年1月，欧盟委员会决定，在相对发达的发展中国家逐渐废除CDM，让这些国家感受到压力和紧迫性，以接受约束性减排承诺。另一种提议是，设立一个基金会，取代CDM，让发展中国家既可大搞绿色工程，又免于产生“碳信用额度”——这样一来，“额外性”概念也就不复存在了。

然而，完全废除CDM及其他“碳补偿计划”并非易事，因为它们是工业国家达成减排目标最简便的办法。美国正在酝酿一项法案，计划在2020年达到减排20%的宏伟目标。但该法案的规定极为宽松，以至于美国完全可以通过购买“碳补偿额度”轻易实现这个目标。

为污染者做嫁衣

世界银行本应是可持续发展的推动者，但它资助“碳补偿计划”的资金却讽刺地流入了污染制造者的口袋。举例来说，在印度古吉拉特，世界银行下属的私营部门借贷分部资助了一个火力发电厂，该发电厂每年将制造2,570万吨二氧化碳。与此同时，世界银行还希望通过出售每年多达300万吨的“碳补偿额度”以收取高额佣金，而这些“碳补偿额度”正是上述发电厂采取节能措施所获取的。美国华盛顿政策研究所的珍妮特·雷德曼指出，世界银行的碳融资项目中，80%都投资在煤炭、化工、钢铁等污染产业的“碳补偿”项目上。

埋藏气候变化

撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 蔡萌萌

将排放的二氧化碳捕集并封存在地下是减少二氧化碳的一个好方法，虽然价格十分昂贵，但美国的一个发电厂已经进入实施阶段，这标志着解决燃煤电厂碳排放问题目前唯一可行的技术开始了首次商业化试点运营，同时也意味着人们可能要为电费付出更多的代价。但如果真的能够减少二氧化碳的排放量，这或许是一桩划算的买卖。

到2014年，至少有50万吨二氧化碳将被注入美国西弗吉尼亚州纽黑文市附近“登山发电厂”地下的岩石深处。尽管只占不到全球温室气体排放总量的0.00001%，甚至不足该发电厂自身二氧化碳排放量的2%，这项于2009年9月启动的碳封存计划，仍标志着解决燃煤电厂碳排放问题目前唯一可行的技术开始了首次商业化试点运营。这个发电厂也成了全世界众多煤炭企业希望效仿的一个典范。

美国电力公司发电项目执行副总裁尼克·埃金斯介绍说，煤炭发电大约占到美国电力生产的50%——而在该公司，该比例甚至高达75%。登山发电厂就是美国电力公司旗下的一员。这座发电厂能够生产1,300兆瓦的电力，是美国最大的单座燃煤发电厂之一，也是二氧化碳排放的主要源头。（全球温室气体排放最多的两个国家——美国和中国，每年燃烧的煤炭多达40亿吨。）

正因为如此，从煤炭公司到环境团体，几乎每个人都意识到了碳捕集与封存（CCS）的迫切性。在显著并快速地削减温室气体排放量的过程中，这种技术将发挥关键作用。然而，二氧化碳捕集技术的成功试点实在屈指可数，而且除了把二氧化碳泵入油井驱采石油以外，几乎从未进行过任何封存二氧化碳的尝试。

为了从烟囱中捕获二氧化碳，登山发电厂采用了所谓的“冷氨技术”，利用碳酸氨化学反应从废气中抽离二氧化碳。（另外两种基本的捕碳技术，要么要求在纯氧环境中燃烧煤炭以产生富含二氧化碳的热气流，要么要求把煤气化，再用虹吸方式取走气化过程中产生的二氧化碳。）



登山发电厂把捕集到的二氧化碳至少压缩13.8MPa，将它液化并注入大约2,400米深的地下。在这么深的地方，液态二氧化碳会流经多孔隙岩层，吸附在细小的空间里，随时间缓慢扩散，最后与岩石或盐水发生化学反应。美国得克萨斯大学奥斯汀分校的地质学家苏珊·霍沃尔卡在泛泛地谈到CCS时解释说：“二氧化碳的最终归属，不是盐穴，也不是地下河，而是各种微观孔洞。把这些小孔加起来，空间其实是很大的。”事实上，美国能源部估计，美国地下的地质储存空间可以容纳3.9万亿吨二氧化碳，足以满足美国大型工业企业排放的每年32亿吨二氧化碳的封存需求。



美国西弗吉尼亚州纽黑文市附近“登山发电厂”的二氧化碳捕集单元，利用冷氨洗涤技术将燃煤产生的二氧化碳攫取出来，再把它封存到地下。

登山发电厂的地下有两种地质构造，分别是Rose Run砂岩和Copper Ridge石灰岩，位于多层渗透性相对较差的岩石之下，这些岩石层会把二氧化碳隔绝在地下。美国电力公司CCS工程经理加里·斯皮兹诺格说：“我们的一部分项目就类似于让这些地质构造接受‘实战’检验，弄清楚它们对二氧化碳的接受能力。”毕竟，美国俄亥俄州的一项类似尝试显示，地质构造储存二氧化碳的能力低于预期。该公司将通过三口专用钻井来监测二氧化碳，另外两口井则用于将二氧化碳泵入到地下的预定位置。

二氧化碳的捕集和封存过程，在化学上和地质学上看似简单，工程造价却十分高昂。美国电力公司仅在登山发电厂的二氧化碳捕集技术上，就将独立投资7,300万美元。他们还申请了3.34亿美元的联邦刺激资金（据该公司称，这只相当于总造价的一半），用于扩大项目规模，力争在未来几年内将该发电厂20%的碳排放封存到地下。

尽管CCS成本高昂，但对此感兴趣的绝非只有登山发电厂一家。美国多家公共事业公司正计划耗资数十亿美元兴建配备CCS设备的新发电

厂；其中亚拉巴马州电力公司的捕碳能力或许会超过登山发电厂，把锡特罗内尔油田巴里发电厂产生的15万吨二氧化碳埋入地下。中国已有几个试点项目开始运行，而在冰岛，一个国际研究协会将把二氧化碳注入地下的玄武岩中，它们会在那里发生化学反应，生成碳酸盐矿物。

然而，就算二氧化碳会被永久封存在岩石层里，和煤炭有关的其他环境问题依然存在。CCS技术根本无法修复煤炭开采带来的环境影响，特别是移山露天开采和有毒粉煤灰残留的问题。此外，尽管美国国家环保局已经着手制定二氧化碳地下注入井的操作规范，但仍然很难确定地下多孔空间资源的归属问题，也很难明确一旦事故发生，比如突然爆发气体泄漏事故时，究竟该由谁来负责。

尽管如此，考虑到对碳排放实施监管的趋势已经越来越明显，公共事业公司预计，未来几十年内CCS设备将得到全面普及。斯皮兹诺格说："我们的首套完整规模的CCS设备会在2015年前后投入使用，到2025年，我们的大型燃煤电厂会有相当多的设备安装到位。"

这就意味着电价将会上涨。2007年5月，美国能源部估计，如果用胺洗涤塔捕集发电产生的90%的二氧化碳，每兆瓦时发电成本就会超过114美元，而不采用CCS技术时，每兆瓦时发电成本仅为63美元。对于消费者来说，这意味着每用一度电就要多掏大约0.04美元的电费——如果能够降低大气中温室气体含量，这或许是一笔划算的买卖。

否决“气候门”

撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 红猪

哥本哈根会议的召开使气候科学走出电子邮件失窃案带来的阴影。

尽管哥本哈根上空一片铅灰，但当192个国家的领导人聚集起来，就气候协议展开谈判时，至少有一件事是清楚的：同样一吨二氧化碳，在美国、印度还是其他地方排放，对全球造成的影响是一样的。这一简单而又老生常谈的事实，只是指明人类活动影响气候的众多证据之一。就算英国东安格利亚大学气候研究组（CRU）失窃的1,000多封电子邮件和计算机代码会在哥本哈根会议的与会者心中引起任何疑惑，这些证据也沉重得足以将那些疑惑压得粉碎。



这场盗窃事件在2009年11月以“气候门”为题登上了报纸头条，科学家的大量私人通信也随之公之于众。对气候科学唱反调的民众和政客，包括美国俄克拉荷马州议员詹姆斯·因霍夫，都宣称这条消息说明气候科

学还远未得出定论，研究人员在研究中使用了“trick”（这个英文单词可译为诀窍、窍门，也可译为诡计、欺诈，因此让公众产生了误解），而且还隐瞒了不利于他们结论的数据。

实际上，失窃材料中没有任何东西能够削弱“气候变化正在发生，人类活动难辞其咎”这一科学共识。美国得克萨斯理工大学的气候科学家凯瑟琳·海霍指出：“任何一个实验室里的任何一个本科生，都能证明吸热特性。气候变化的确定，以及人类活动的作用，都得到了多方面证据的支持。”这些证据包括正在融化的冰盖、正在消退的冰川、正在升高的海平面以及越来越早到来的春天，更不用说不断攀升的全球平均气温了。

在2009年12月4日的一次媒体电话会议上，美国宾夕法尼亚州立大学的气象学家迈克尔·曼说：“继续排放温室气体会造成更大的破坏。”他的邮件也在此次事件中被曝光。

造成这场混乱的部分原因，是对被盗电子邮件措辞的误解。某封邮件中提到的“trick”，实际上是指研究人员决定采用直接观测得到的温度，而不用从树木年轮中得来的替代数据。在科学研究中，这个单词通常指一种解决问题的策略和窍门，而不是什么欺诈和诡计。失窃的电子邮件也确实对一些科学论文指名道姓地提出了挑战，其中一封邮件写道，“就算我们必须对‘同行评议’这个词重新定义”，也一定要把那些论文排除在IPCC的报告之外；话虽如此，这些论文最终还是被列入了IPCC最近的报告当中。

气候门

2009年11月，某黑客入侵CRU服务器，将存储在上面的个人档案及电子邮件发布在网络上（也有人认为并非黑客所为，而是内部人员所为）。1996年以来的1,000多封电子邮件以及3,000多份内部文件被盗取。对温室效应持反对意见的团体认为，那些电子邮件通信是为了将气候变迁归咎于人类活动而对数据进行窜改的密谋。他们将此事件作为科学史上的一大丑闻进行宣传，并模仿水门事件将此事件命名为“气候门”。

美国卫斯理大学的经济学家加里·约埃认为，就算CRU数据“被斥为受到污染，那也没有关系。CRU只是分析研究中采用的众多数据来源之一，而分析的结论已经得到全世界其他研究人员的证实”。其他的数据来源包括NASA戈达德空间研究所、NOAA的国家气候数据中心，甚至还有

IPCC，所有这些机构都提供原始数据的查询。

不过这些邮件确实暴露出了至少一个误判：CRU主管菲尔·琼斯给迈克尔写了一封邮件，要求他删除与“AR4”相关的所有通信往来；“AR4”指的是一份即将出炉的IPCC报告。“据我所知，没有人将这个要求付诸实施。我并没有删除任何电子邮件。”迈克尔如是说。原封未动的完整电子邮件似乎佐证了他的说法，不过他当时的反应是，答应琼斯的要求去联络另一位科学家“吉恩”。现在，琼斯已辞去了CRU主管一职。

失窃电邮最终可能会在气候科学界开出一扇社会学观测的窗口。NASA戈达德研究所的加文·施密特说：“它们记录了真实的科研过程。”未来的历史学家会明白“科学家也是人，而科学又如何在人犯错误的情况下进步。他们会明白，为什么科学并不完美，但科学事业依然坚如磐石”。

IPCC主席拉金德拉·帕乔里在气候辩论中指出：“科学家已经尽到了他们的责任。”毕竟，IPCC报告的作者们需要与190多个国家达成共识，并对草案文件中的每条评论做出公开回应。帕乔里哀叹道：“可惜的是，这场（气候）谈判正在彻底政治化。”所以，这么一宗盗窃案才会闹得沸沸扬扬。“这会对立法者的判断或是民意产生显著影响吗？不，我觉得不会，”美国普林斯顿大学的大气学家迈克尔·奥本海默说，“但这种事谁都说不准。”

“度”量气候变化

撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 蒋顺兴

人们渴望知道地球升温到什么程度、增加多少二氧化碳才是安全的，这在目前尚未有定论，但不管怎样，我们知道这个会令气候产生不可逆转的变化的临界值是存在的，并且气候越温暖，我们就离危险越接近。

2009年12月，全球领导人齐聚哥本哈根，为气候变化之争更添了几分火爆。这是因为，虽然人类想要避免的灾难相当明确——排在最前面的就是火灾、洪水和干旱，但阻止气候变暖采用哪种策略更正确，就没这么明确了。尽管努力了几十年，但无论是温度还是大气中温室气体的浓度，科学家都没能掌握一个“度”——一个超过它就会带来灾难的临界值。

美国斯坦福大学的气候学家斯蒂芬·施奈德说，如果要明确定义气候相对于气候变化推动力（如不断升高的大气二氧化碳水平）的灵敏度，“我们知道的并不比1975年时多多少”。上世纪70年代，施奈德率先提出了“气候灵敏度”这一术语。然而直到现在，“我们知道的也只是：如果增加单位面积上接收的热功率，这个系统就会变热”。

温室气体可以像毯子一样截留太阳的热量，从而增加地面接收的热功率。过去一个世纪以来，它们已经使地球升温了0.75℃左右。科学家能够测出温室气体使地面增加了多少热量（大约每平方米3瓦特），但我们无法精确定义它对气候变化的影响，因为还有许多其他因素也在发挥作用——比如云对于气候变暖的反馈、气溶胶的冷却作用、海洋对热量和气体的吸收、人类对地貌的改造，甚至阳光强度的自然变化等。NASA戈达德空间研究所的气候建模专家加文·施密特说：“我们或许还得再等上二三十年，21世纪的数据才能积累到足以确定气候灵敏度的程度。”

尽管存在这么多变数，科学家还是在一百多年前就注意到，如果大气中二氧化碳的浓度在工业革命前280ppm（百万分之一）的基础上翻一番，全球平均气温很可能会上升3℃左右。

但是，对于人类文明的存亡来说，升温到什么程度、增加多少二氧化碳才是安全的，目前仍停留在主观判断上。欧洲各国政要已达成一致，在2100年之前，要将全球平均气温相对于工业革命之前的上升幅度控制在2℃以内，对应的温室气体浓度约为450ppm。美国哥伦比亚大学的地球化学家华莱士·布勒克说："现在的浓度已经是387ppm，而且正以每年2ppm的速度增加。这意味着，浓度达到450ppm只需要30年。到2100年只要能控制在550ppm，那就已经算走运了。"





气体的无限排放：工业界今天排放的温室气体会持续温暖地球达几十年之久，因此研究人员无法确定在不破坏生态健康的前提下，地球还能够承受多少这样的排放。

戈达德空间研究所的詹姆斯·汉森主张，大气中温室气体浓度必须降回到350ppm以下，而且必须尽快。用他的话来说，升温“2℃绝对是一场灾难”。他还指出，气候变化的影响近年来明显呈现出愈演愈烈的趋势，“如果还想阻止北极海冰融化这样的危机，恢复地球能量平衡就是必须要做到的事情”。

其他一些科学家，比如英国牛津大学的物理学家迈尔斯·艾伦，则从相反的角度分析了这个问题：想要确保安全，大气中还能再增加多少二氧化碳？根据艾伦及其课题组的研究，要保证增温幅度小于2℃，人类在2050年前只能向大气排放1万亿吨二氧化碳——而人类现在已经排放了超过一半。换句话说，煤、石油和天然气的已知剩余储量中，人类只能再燃烧1/4。艾伦说：“为了解决这一问题，我们必须完全停止二氧化碳的净排放。从现在起，排放量必须每年下降2%～2.5%。”

美国明尼苏达大学气候学家乔恩·福利参与了一个课题组，给包括气候在内的10大地球系统定义了安全界限，他主张我们应该慎之又慎。他比喻说：“质量守恒定律告诉我们，如果想让浴缸里的水面就维持这么高，要么关小水龙头，要么就必须扩大排水口。（到2050年二氧化碳）排放量降低80%，是我们能够维持这种稳定状态的唯一途径。”

美国国家科学院已经召集了一个专家组，对适合于美国的“稳定目标”进行评估裁定。当然，由于地域不同，是否构成威胁的标准也会有所区别，比如美国佛罗里达州和明尼苏达州的情况就不同，美国和马尔代夫差别就更大了。

且不说将大气中温室气体的浓度降回到350ppm以下，就算只是维持在550ppm以下，就不仅要求人类社会在从工业生产到饮食习惯的方方面面都做出巨大改变，还很可能需要发明新的技术，比方说直接从空气中捕集二氧化碳。美国哥伦比亚大学的物理学家克劳斯·拉克纳相信：“空气捕集可以缩小差距。”他正在寻求资助来建造这样一个装置。

缩小差距至关重要，因为过去一个多世纪观测得到的最佳数据显示，气候对于人类活动非常敏感。“一旦超过就会发生不可逆转的变化，这样的临界点是存在的，只是我们不知道在哪里，”施奈德指出，“我们只知道，气候越温暖，距离危险也就越近。”

IPCC审查工作流程

撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 朱机

非洲农作物将减产，亚马孙雨林也将衰退，喜马拉雅冰川将在2035年消失。以上错误预言摘自IPCC2010年的报告——一份由大约2,500名科学家和各方面专家审阅，并通过190多个国家官方审查的报告。那么，IPCC的工作流程是否需要因为3,000多页的报告中出现少量错误而进行修改呢？

总部设在荷兰阿姆斯特丹、由包括美国科学院在内的全世界多个国家科学院构成的国际科学院委员会（Inter Academy Council，IAC），成立了一个专门小组对上述问题展开调查。“这项审查会独立展开。”荷兰皇家文理院院长、IAC联席主席、物理学家罗贝特·戴克赫拉夫说。该调查是应联合国和IPCC的要求而展开的。戴克赫拉夫还说：“我们已经准备好承担起这一重要任务，以确保世界各国都能获得可靠的气候建议。”





喜马拉雅冰川在未来数十年内可能还不会融化。

联合国为IAC提供交通及会务资助，审查工作本身则没有报酬。专门小组肯定不会逐一审核“气候科学的大量数据”，戴克赫拉夫解释说，“我们的工作是，调查工作流程，查看应该如何改进，如何才能避免某些类错误的发生。”

戴克赫拉夫应该知道答案。毕竟，IPCC报告中有一个错误就直接来源于荷兰政府提供的数据，即荷兰低于海平面国土面积所占百分比，以及由此推出的“荷兰易受海平面上升引发洪水的威胁”这一结论。在后来发布的一份声明中，荷兰政府修正了这一百分比，将低于海平面的国土面积从55%降到了26%。

专门小组还将决定IPCC应该如何对待气候科学中不同领域内的不同观点，比如海洋学家对海平面上升速率就并未达成共识。“在审查中，我们被特别要求去分析IPCC处理不同科学观点的方式，”戴克赫拉夫说，“任何一门科学都要定期接受外界的审查。审查只会让科学得到加强。”

给地球设定安全界限

撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 朱机

如果把地球看作一个大的、复杂的生态系统，那么它的安全临界值可能是人们最为关心的问题。针对人类对地球的影响，科学家提出了一系列安全界限。

人类对地球的影响正变得越来越显而易见：我们造成的物种消失速度之快不亚于地质历史上任何一次物种大灭绝事件，此外，我们还导致了海洋迅速酸化，冰冠消融，河流三角洲沉降。现在，一个由29位科学家组成的国际团队已经开始了第一步行动，试图确定我们这颗星球具体的环境临界值。

2009年9月23日，瑞典斯德哥尔摩大学的约翰·罗克斯特伦与同事在《自然》杂志在线版上提出了9个“行星界限”。这些界限涉及气候变化、海洋酸化、化学污染及其他方面，旨在为人类影响的天然系统设立安全临界值，不过确切数字目前还未敲定。

罗克斯特伦解释说：“我们面临的可持续性问题已经发展到了行星阶段，也就是说，我们正在胡乱摆动的是整个地球体系的固有过程。但决定我们这颗行星能够继续维持在稳定状态的地球体系过程到底有哪些？”

这项研究把最后一次冰川期以来人类文明发展繁荣的一万年（也就是所谓的全新世）当成是人们期望的稳定状态，试图确定那些有可能推动行星周期超出安全界限的关键变数。举例来说，气候变化的关键变数是大气二氧化碳浓度，以及随之而来的截留热量总量的升高。目前，大气二氧化碳浓度已达387ppm，远远高于工业革命之前的280ppm。包括NASA气候专家詹姆斯·汉森在内的许多科学家认为，安全临界值应该是350ppm，即每平方米增热1瓦特（现在的热量增长已经接近每平方米1.5瓦特）。

“我们开始非常粗略地量化我们所认为的这些临界值应该具有的大小。所有这些都有很大的误差，”那篇论文的作者之一、美国明尼苏达大学环境研究所主任、生态学家乔纳森·福利说，“我们不知道阻止气候变化具体需要多少ppm，但我们认为至少应该在350ppm左右。”

在已确定的9个界限当中，人类还逾越了另外两个安全界限——生物多样性的丧失和可利用氮的含量（这一点要拜现代化肥所赐）。更糟糕的是，这些过程中有许多都会相互影响。“一个临界值被逾越后，其他安全界限会变得更加脆弱。”福利举例说，在一颗炎热的行星上，生物多样性丧失的速度会加快。

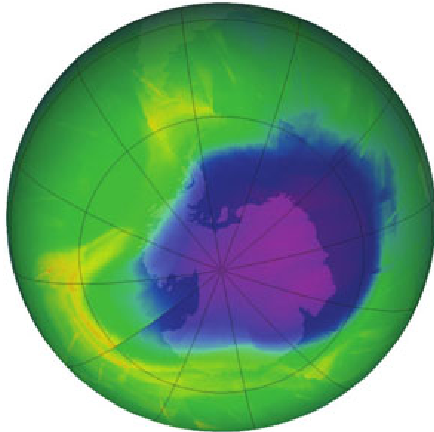
臭氧空洞

臭氧有吸收太阳紫外辐射的特性，臭氧层会保护我们不受到太阳紫外线的伤害，所以对地球生物来说是很重要的保护层，直接关系到生物圈的安危和人类的生存。人类活动的增强，特别是氟氯碳化物和哈龙等人造化学物质被大量使用，很容易就会破坏臭氧层，使大气中的臭氧总量明显减少。在南极上空，约有2,000多万平方千米的区域为臭氧稀薄区，科学家们形象地称之为“臭氧空洞”。

一些科学家在盛赞这种努力的同时，也对临界值设定的准确性提出批评。卡里生态系统研究所的生物地球化学家威廉·施莱辛格就指出，对磷肥的限定过于温和，使得“恶性的、缓慢的、四下扩散的降解几乎可以无限制地持续下去”。另外，国际水资源管理研究所（位于斯里兰卡）分管研究的副所长戴维·莫尔登也指出，亚洲的咸海正在枯竭，全球已经有7条大河无法再流入大海，其中就包括了美国的科罗拉多河，诸如此类的环境灾难在很多地方都在发生，如果放任人类的用水量（大部分是农业用水）从现在的每天2,600立方千米增长到未来的每天4,000立方千米，这些地区的情况会进一步恶化。

用英国牛津大学气候动力学研究组物理学家迈尔斯·艾伦的话来说，就连350ppm的二氧化碳临界值也是“不靠谱的”。相反，他认为着眼于将累积排放量维持在1万亿吨以下或许更有意义——尽管这意味着人类已经挥霍掉了总排放预额的一多半。

如果不考虑对地球的影响，人类的物质繁荣很可能达到了前所未有的高度。问题在于“如何才能继续提高人类的境况”，福利问道：“我们要怎样做，才能在不毁掉这个星球的情况下养活近90亿人？”真正重要的第一步，应该是至少了解一下危险的禁区在哪里。

南极洲上空的“臭氧空洞”（紫色）是用来衡量人类对地球影响的指标之一。

希望是有的。人类曾经跨出过其中一个安全界限：由于释放了破坏臭氧的化学物质，平流层臭氧含量降低形成了“臭氧空洞”。多亏了国际合作以及1989年的《蒙特利尔议定书》，我们又退回了安全地带。“地球界限”的提出者之一、美国亚利桑那大学的环境科学家黛安娜·利弗曼指出：“我们确实设法撤回到了臭氧的安全界限之内，在保护地区生物多样性方面做出了卓越的努力，减少了农业污染、空气颗粒物和水需求量，减缓了毁地造田的进程。这给了我们一些希望：只要我们选择去做，就能管理好人类对地球的影响。”

蒙特利尔议定书

《蒙特利尔议定书》又称作《蒙特利尔公约》，全名为《蒙特利尔破坏臭氧层物质管制议定书》（Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer），是联合国为了避免工业产品中的氟氯碳化物对地球臭氧层继续造成损害，承续1985年保护臭氧层《维也纳公约》的大原则，于1987年9月16日邀请所属26个会员国在加拿大蒙特利尔所签署的环境保护公约。该公约自1989年1月1日起生效。

《蒙特利尔议定书》中对CFC-11、CFC-12、CFC-113、CFC-114、CFC-115等五项氟氯碳化物及三项哈龙的生产做了严格的管制规定，并规定各国有共同努力保护臭氧层的义务，凡是对臭氧层有不良影响的活动，各国均应采取适当防治措施，影响的层面涉及电子光学清洗剂、冷气机、发泡剂、喷雾剂、灭火器……此外，议定书中亦决定成立多边信托基金，援助发展中国家进行技术转移。

热带雨林的第二次生命

撰文 | 杰西·格林斯潘（Jesse Greenspan）
翻译 | 李想

只要获得喘息之机，满目疮痍的雨林几乎能将其生物多样性恢复如初。

致力于雨林保护的环境保护者通常将注意力放在日益减少的原始林地上，即从未回响过嗡嗡电锯声的森林。但即便是已经伐无可伐的林地，似乎也应得到保护。大量证据显示，只要环境适宜，被过度砍伐的林地也能恢复其生物多样性，且几乎能重新达到未曾损毁的亚马孙原始林的水平。

这项评估再生林生态价值的最新研究发表于3月的《热带保护科学》杂志上。一个由生态学家和自愿者组成的国际性研究小组，用一年半的时间标识了秘鲁马努生物保护区内所能找到的每一种鸟类、两栖类、爬行类以及中到大型哺乳类动物，这片约800公顷（1公顷为0.01平方千米）的恢复性林地已被联合国教科文组织列为世界遗产。他们最终确认了570种动物，相当于周边更古老的雨林（或者说原生雨林）中已知物种数量的87%，其中还包含了许多濒危物种，例如小耳犬和巨犰狳。研究人员甚至找到了疑似的新蛙类物种。

马努保护区为再生林生物多样性提供了一个最佳案例，苏格兰格拉斯哥大学的安德鲁·惠特沃思说。这项研究是与克里斯基金会（秘鲁的一个非营利组织）合作开展的，惠特沃思是该研究的负责人。马努保护区的成功应归功于长期施行的禁猎和禁伐令，这使得周边广阔的原生雨林中的动物很容易迁入再生林地。

不过，即便是保护力度欠佳、处于起步阶段的再生林，也能产生不可忽视的生态价值，包括流域续存和野生生物走廊。再生林还能减轻二氧化碳污染：一项发表于2016年2月的研究显示，再生热带雨林从大气中吸收的碳含量比原生雨林（那些碳吸收能力已接近饱和的林地）高出11倍。

惠特沃思说："我们并不是说再生林比原生雨林更重要，而是说，通过有效的保护以及给予足够的恢复时间，再生林仍可以成为无价之

宝。”美国康涅狄格大学的生态学教授罗宾·蔡兹顿及同事也同意此观点，他们在一篇文章中将再生林比作一瓶陈年佳酿，时间越久，口感越佳。



目前，热带地区已经遭到砍伐破坏的林地，通常被改造为棕榈油种植园或其他农业用地，而没有评估其恢复为再生林的可能性（如图中的西部亚马孙林地）。不过相关人员已经开始重视这一问题了。在纽约召开的2014年联合国气候峰会上，几十个国家政府、跨国公司、非营利组织以及地区组织承诺，在2030年前恢复3.5亿公顷的退化林地。

蔡兹顿正为巴西如何恢复其退化的大西洋森林建言献策，他说：“我们不能止步于保护原生林地，这远远不够。”

生物多样性：再生林现状

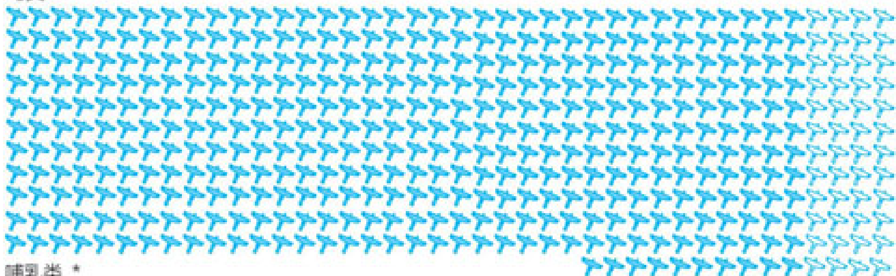
每一只蓝线勾勒的动物表示一种生活于考克卡苏（Cocha Cashu）原生林中的物种（78种两栖类动物）

两栖类



每一只用蓝色填涂的动物表示一种在马努再生林中发现的物种（60种两栖类动物）

鸟类



哺乳类 *



爬行类



*哺乳类中蓝线所勾勒的动物表示考克卡苏和另一个原生林中共有的物种

话题三
人类不是地球的唯一居民

大象穿过森林或草原时，身后会留下深深的脚印，这些脚印积水后，就成了许多微小生物的家园。仅仅是一个大象脚印，就成为数十种生物的家园。人类并不是地球上的唯一居民，如何与其他“居民”和谐相处，将考验人类的终极智慧。

禁捕小鱼破坏生态

撰文｜萨拉·辛普森（Sarah Simpson）
翻译｜Joy

适当放过一些大鱼，或许是维持渔业健康发展更明智的选择。

商业性捕鱼者和周末垂钓者都知道，“要把小鱼丢回去”。这是为了给小鱼留下成长和繁衍的时间。但是，这种策略事实上可能正在伤害着鱼类种群。



美国纽约州立大学石溪分校海洋科学研究中心主任戴维·康诺弗说，正在进行的捕鱼实验揭示，仅仅捕捞最大的个体，实际上会迫使一个种族进化出不良的特征，降低一个被过度捕捞的鱼类种群恢复生机的能力。这些结果也许能够解释，为什么世界上许多最濒临灭绝的鱼类种群没有如预期一样迅速地恢复。



缩水的体型：这些全都是第五代大西洋银汉鱼，左侧的三条来自于只捕捞大鱼的鱼群，中间的三条来自于随机捕捞的鱼群，而右侧的三条来自于只捕捞小鱼的鱼群。对大鱼的捕捞使得左侧的一组变得比另外两组更小。

这种遗传效应出现在大西洋银汉鱼的身上。这是一种小型鱼类，通常成长得很快。1998年，康诺弗将一批野生银汉鱼带回他的实验室，他和他的学生们饲养了五代银汉鱼，每一次都从一群鱼中取走90%的大鱼，从另一群中取走90%的小鱼，从第三群中随机取走90%的鱼。

到了2002年，他们清楚地看到，对大鱼的捕杀产生了一个戏剧性的结果。与随机捕捞的对应鱼群相比，这个鱼群中的个体平均体重大约只有前者的70%；与保留最大个体的鱼群相比，它们的体重只有那些幸存者的55%。由于进行对比的鱼都拥有同样的年龄，科学家可以将鱼类体型的缩小归因于更为缓慢的成长，这是基因选择的结果。

令人担忧的是，这种更为缓慢的成长还伴随着一整套的缺陷。现为美国加利福尼亚大学河滨分校博士研究生的马修·沃尔什主导了对第五代和第六代银汉鱼的详细检查。这些检查揭示，捕捞大鱼的鱼群中，鱼儿更加不愿意搜寻食物或与掠食者周旋。它们还会产下更小、更少的鱼卵，这些鱼卵成长为健康后代的比例也更低。

沃尔什指出，这些结果并非完全出乎意料。历史记录证实，鳕鱼和其他一些受欢迎的食用鱼类在过去更大一些，而且他说：“许多鱼类的生

育能力随着体型增加而增长，这也是众所周知的。”但是现在，对于生物学家和渔业管理者来说，由人类引起的进化将变得越来越难以忽视。加利福尼亚大学河滨分校的鱼类生物学家戴维·雷茨尼克说：“这项研究是一个很好的例子，表现了进化过程是如何对这个种群的长期健康产生不利影响，并且与我们的利益产生冲突的。”

康诺弗承认，是不是该把更弱小的鱼做成盘中之餐，现在还完全不清楚。但是，将部分大鱼跟小鱼一起放走大概是一个明智的策略。与此同时，康诺弗的研究小组已经中止了一切与体型筛选有关的捕捞，他们现在正在等待，看看鱼群的后代能否恢复原状以及恢复原状需要多长时间。

让鱼类安全通过水电站

撰文 | 马德琳·博丁（Madeline Bodin）
翻译 | 耿小兵

常规的扇形涡轮对穿过涡轮的鱼类的致死率高达40%，如何让鱼类安全通过水电站成为一个值得研究的课题。如今，好消息来了，一种不会伤害鱼类的水电涡轮即将进入商业应用。

位于美国马萨诸塞州霍尔登市的奥尔登研究实验室，曾经设计出一种前景被看好的水电涡轮。但遗憾的是，美国联邦政府停止了对这种涡轮的资金支持，研究被迫中止。已经造好的涡轮比例模型也被拖出大型测试水槽，闲置在水力学实验大楼的一个昏暗角落里。



作为20世纪90年代的一项革新，这种新型涡轮有望弥补传统水力发电的一个缺陷，即用于发电的涡轮会杀死穿过其间的生物。新型的涡轮

设计能使至少98%的鱼儿得以幸存。不过，因为联邦预算削减而失去经费支持，这项发明只好灰头土脸地躺在角落里面。现在，一项新的计划有望让它重见天日，发挥它的潜在商业用途。



常规的扇形涡轮对穿过涡轮的鱼类致死率高达40%。1994年，在美国能源部的首批资金支持下，奥尔登实验室与位于美国佛蒙特州怀特里弗章克申（美国的一座小镇）的Concepts NREC公司合作，设计了一种对鱼类无害的所谓“亲鱼”涡轮。新型设计主要由三片转叶组成，它们绕在一根圆锥状转轴上，形成了螺旋形状。转叶被一个旋转的容器包裹，只有一部分边缘露在外面。这种涡轮的转叶之间没有空隙，叶数较少且转速较低。所有这些特征，都降低了鱼被涡轮转动部分绞伤的可能性。此外，穿过涡轮的水流平稳，几乎不产生具有潜在危害性的剪切力。

这种设计尤其保护了鳗鱼和鲟鱼，这些体型瘦长的鱼类的数量正在减少。对它们而言，传统的水电涡轮绝对是致命的。根据初步测试，所有穿过新型涡轮的鳗鱼和鲟鱼都有望幸存。不过几年前研究的被迫中止，让这种新型涡轮的前景变得黯淡起来。

随后，总部位于美国加利福尼亚州帕洛阿尔托市的电力科学研究院（Electric Power Research Institute，EPRI）接手了“亲鱼”涡轮的事

业。要将这项设计应用于市场，并在水电厂改造时代替常规涡轮，至少需要50万美元的资金，EPRI现已筹集了大约30万美元。EPRI的高级项目主管道格·狄克逊指出，第一步是要提高新型涡轮的功率输出，使它能与现有的涡轮相抗衡。按照原始的设计方案，新型涡轮所产生的输出功率，仅相当于同样大小商用涡轮功率的一半。狄克逊说："涡轮的发电效率越高，它对工业界的吸引力就越大。"

然而，提高输出功率并非易事。奥尔登实验室主任内德·塔夫脱说："对工程有益就对鱼类无益，这是一条规则，反之亦然。"奥尔登实验室的工程师相信，解决的办法是加大流过涡轮的水量。他们最近想出了一种办法，在涡轮的直径仅增加2%的情况下，令螺旋形水管的容量加倍，这样可使更多的水注入叶片。除了改变叶片的形状和角度以外，Concepts NREC公司还计划增加叶片前沿的间隔宽度，使它与游过涡轮的常见鱼类的长度相当，从而提高鱼儿的生存率。

狄克逊相信，这种设计即将开始商业化应用。支持者表示，问题的关键已经不再是涡轮设计成功与否了。正如狄克逊所说："我们正千方百计筹集资金，以促成它向商业化转变。"塔夫脱称："许多人并不把水电当成绿色能源。这种涡轮会改变他们的看法。"

禁售蓝鳍金枪鱼

撰文｜迈克尔·莫耶（Michael Moyer）
翻译｜蒋青

蓝鳍金枪鱼的经济价值在金枪鱼甚至全鱼类中首屈一指，是最受欢迎的食用鱼之一。由于生长缓慢和过度捕捞，如今全球蓝鳍金枪鱼的数量已经大大减少。欧盟渔业专家警告说，如果不限制捕捞，蓝鳍金枪鱼可能会灭绝。一项拟议中的贸易禁令或许可以让蓝鳍金枪鱼“走出”我们的菜单。

2010年1月，日本东京筑地鱼市一条重321.8千克的巨大蓝鳍金枪鱼卖出了17.5万美元的高价。售出当天下午，鱼市不远处一家名为“久兵卫”的米其林星级餐厅里，食客们济济一堂，大快朵颐，享用着从全世界最昂贵的鱼身上切下的最肥美的鱼腩——“吞乐”（日文中指蓝鳍金枪鱼的肚皮肉，此处为音译）。





渔业链的最后一环：在日本东京的筑地鱼市，每天有大约**1,000**条金枪鱼被叫卖。

过不了多久，日本的食客们就要为金枪鱼支付更高昂的账单了。2010年3月，在卡塔尔多哈举办的一次濒危野生动植物种国际贸易公约（Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora，CITES）会议上，人们计划推出一项提案，要求禁止所有针对北方蓝鳍金枪鱼的贸易行为，将这种鱼与白犀牛、亚洲象之类的大型动物明星同等对待。日本进口的蓝鳍金枪鱼数量占到大西洋和地中海蓝鳍金枪鱼渔获总量的大约80%，与此同时，这种鱼的种群数量已经大幅下降到了一个极低的水平，以至于许多科学家推测它们正走向灭绝（参见《环球科学》2008年第4期《拯救蓝鳍金枪鱼》一文）。

对这样一种具有重要商业价值的动物施行国际贸易禁令是一项前所未有的举措，提案方已经做好了迎接强烈反对声浪的准备。按照CITES的要求，一个物种的数量要降至不足历史水平的20%，或者短期内数量下降率高得异常，才能对其实行全面贸易禁令。在蓝鳍金枪鱼长达数十年的一生当中，它们会从地中海巡游到墨西哥湾，要想统计它们的总数绝非易事，但最近由联合国粮食及农业组织和国际大西洋金枪鱼保护委员会（International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas，ICCAT）组织的多个科学委员会都一致认为，北方蓝鳍金枪鱼符合这一标准。

CITES列出的另一个条件是：执法人员必须能够识别出不同种类的金枪鱼。这项任务几乎与查核种群数量一样困难。蓝鳍金枪鱼有三种，分别是北方蓝鳍金枪鱼、太平洋蓝鳍金枪鱼和南方蓝鳍金枪鱼。然而，就连训练有素的分类学家都很难将北方蓝鳍金枪鱼和太平洋蓝鳍金枪鱼区分开。

这个问题一直延伸到人们的餐桌上。2009年末，美国哥伦比亚大学和美国自然历史博物馆的一个研究团队检查了从纽约和丹佛两个城市的寿司餐馆里偷偷带出来的68份金枪鱼样品。他们发现，31家餐馆中有19家都认不出或认错了他们所提供的金枪鱼种类——比如把大眼金枪鱼当成蓝鳍金枪鱼（或把蓝鳍金枪鱼当成大眼金枪鱼）。他们还发现，在9份被宣传为“长鳍金枪鱼”的样品中，有5份根本不是金枪鱼，而是玉梭鱼（也叫蛇鲭）。这种鱼含有一种不可食用的蜡酯，能够引发腹泻，在意大利和日本已被禁售。

传统的DNA分析手段无法识别不同种类的金枪鱼，因为它们的基因实在太相似了。因此，研究人员引进了一种新方法。传统的DNA条形码技术将DNA序列打碎成由碱基对组成的杂乱的包，然后比较这些包与对照包的相似度。新方法则着眼于全基因组中一个特殊位置处DNA核苷酸序列。这种方法能够明确无误地鉴别任何金枪鱼样品——哪怕它们被摆在寿司饭团上面。

蓝鳍金枪鱼

蓝鳍金枪鱼是金枪鱼类中最大型的鱼种。身躯底部至侧边的色彩明亮，上身躯则是深蓝色，鳍是暗色，小鳍则呈现微黄色，尾柄隆起嵴呈黑色。全身披鳞，口相当大，眼不大，胸鳍短，末端不到第一背鳍的中央，这是本种的最大特点。体长一般1～3米，大者长达3米多，体重700多千克。

蓝鳍金枪鱼是生长速度最慢的金枪鱼种类，寿命长达20年甚至更长。高脂肪期的蓝鳍金枪鱼味道最好，价格最高。该品种捕捞量不到全球金枪鱼捕捞总量的1%，也称真金枪鱼，主要用来做高档生鱼片，其市场全部在日本。蓝鳍金枪鱼被称作鱼类中的金砖。2013年1月5日，一条重222千克的青森县大间产蓝鳍金枪鱼以15,540万日元（当时约合人民币1,100万元）的天价成交。这是自1999年以来的最高价。

“某些基于DNA的识别方法将成为确保CITES禁令得到有效执行的重要组成部分，”这项研究的合作者之一雅各布·洛温斯坦说，“它有可能在不久的将来成为监管机构的标准方法。”即使CITES的提案失败了，仍有大量监管工作要做。ICCAT负责设定大西洋和地中海海域蓝鳍金枪鱼的捕捞配额，可以说，他们的工作做得相当糟糕。“金枪鱼捕捞者因为普遍担心蓝鳍金枪鱼减产，所以在20世纪60年代组建了ICCAT，并定期召开会议，”美国蓝色海洋研究所所长卡尔·萨菲纳说，“从它成立之日起，金枪鱼的数量除了下滑外，还是下滑。”

尽管ICCAT设定的捕捞配额已经远远高于其科学顾问团建议的数值，偷捕和走私的行为却依然猖獗。以2007年为例，尽管科学家建议ICCAT在金枪鱼产卵期内应暂停地中海的渔业活动，并将渔获量控制在1.5万吨以下，ICCAT还是规定“东大西洋、地中海海域渔获上限为2.95万吨”。结果，渔民当年的捕获量约达6.1万吨，而且大多数都捕自地中海的产卵区。用萨菲纳的话来说，“这根本是在对蓝鳍金枪鱼发动全面战争”。

乌龟拯救小岛生态

撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 蒋青

让岛屿甚至整块大陆回归原生态，有望成为逆转生态败局的有力手段。在艾格雷特岛上，科学家引进了一些巨型陆龟，如今那里的原生态似乎已经开始恢复。这在当前地球历史上第六次物种大灭绝的大背景下，也更显得可贵。

欧洲人曾差点吃垮毛里求斯的生态系统。其中最有名的案例，要数17世纪末期渡渡鸟的灭绝。然而，他们在毛里求斯艾格雷特岛的所作所为，就鲜为人知了：大滑蜥和巨型陆龟惨遭毒手，本地的乌木也被伐倒用来烧火。



1965年，艾格雷特岛那25公顷已变得光秃秃的土地被划为自然保护区。但即使砍伐行为已经停止，生长缓慢的乌木森林也难以重现当年的繁茂，因为那些食用它们果实、帮忙播撒种子的动物已经一去不复返了。2000年，科学家从附近的塞舌尔阿尔达布拉环礁重新引进了4只巨型陆龟。到2009年，岛上一共迁来了19位这样的“外来户”。它们漫步于

岛上，把乌木的大型果实吞入腹中。这些果实未被消化，直接排泄出的种子长成了500多丛郁郁葱葱的树苗。2011年4月，当初为艾格雷特岛引进巨型陆龟的科学家在《当代生物学》上报告了研究结果。

至少在这个小小的岛上，原生态似乎已经开始恢复。这给其他生态恢复项目带来了希望，在当前地球历史上第六次物种绝灭的大背景下，也更显得可贵。欧洲的环保主义者筹得了310万欧元的资金，开始从西班牙西部、喀尔巴阡山脉等地方着手，将野牛、牛和马放归弃耕的农田。生态学家已经提议，把一些大象迁至美国的部分地区生活，填补乳齿象灭绝后空下的生态位。荷兰人也在东瓦德斯普拉森修建了一座更新世公园，让柯尼克马和海克牛顶替已灭绝的野马和野牛。



当然，人类出面干预自然生态系统的行为也不一定有好结果。为对付其他害虫而将海蟾蜍引入澳大利亚的举动，就对整个大陆上的本地蛙种造成过伤害。“当你想要操纵自然时，什么事情都可能发生。”美国麦卡利斯特学院的生态学家马克·戴维斯说。其他人则主张“亡羊补牢，犹未为晚”。“在这个星球上，已经没有一个角落看不见人类干预的痕迹。是时候让我们行动起来，想办法解决这些问题了，”澳大利亚昆士兰大学的海洋生物学家奥夫·胡－古德贝格说道，“此时此刻，除了任由大灭绝发生外，我们还有其他选择。”

第六次物种大灭绝

在地质史上，由于地质变化和大灾变，生物经历过五次自然大灭绝。现在，由于人类活动造成的影响，物种灭绝速度相比于自然灭绝速度大大加快，地球进入第六次大灭绝时期。这是现代人类真正经历的第一次物种大灭绝。第六次物种大灭绝由人类活动引发，具体表现为植物生存环境被破坏、气候变化、外来物种入侵、自然资源过度使用和污染等因素，造成许多物种灭绝或濒临灭绝。到21世纪末，预计全球变暖会导致二分之一的植物面临生存威胁，超过三分之二的维管植物可能完全消失。在世界自然保护联盟（IUCN）2004年物种红色名录中有15,589个物种受到灭绝威胁，这其中包括12%的鸟类、23%的兽类、32%的两栖类、25%的裸子植物、52%的苏铁类和42%的龟鳖类。专家警示，人类应尽快认识到这一现状，采取保护措施保护物种多样性，减少有害物质的排放，避免人类受到自然灾害的侵扰。为了提高公众对生物多样性的重要性以及生物多样性丧失后果的认识，联合国将2010年确定为国际生物多样性年。

秃鹫困境

撰文｜简·布拉克斯顿·利特尔（Jane Braxton Little）
翻译｜高瑞雪

加州神鹫濒临灭绝，科学家正想方设法使之恢复种群数量。目前这一努力已经初见成效，全世界的加州神鹫数量已经从**1987**年的**22**只回升到了**396**只，加州神鹫复兴计划为濒危动物保护提供了一个很好的范例。

1987年，美国实施了一项自然保护运动计划，捕获了当时所有幸存的野生加州神鹫。1992年，保护计划启动五年后，第一只放归野外的加州神鹫站在了悬崖边上，它犹豫不决地跳了几下，伸了伸略带粉红色的脖子，然后试着扇动起了它那接近3米宽的翅膀。

加州神鹫

加州神鹫（Gymnogyps californianus），属于美洲鹫科新大陆秃鹫家族，为北美洲最大的鸟。如今这种鹫只生活在美国科罗拉多大峡谷区域和加利福尼亚州，以及墨西哥下加利福尼亚州北部的西海岸的群山中。它是加州兀鹫属中唯一存活的物种。加州神鹫体长可达1.3～1.4米，双翅展开宽3米，体重超过11千克。雌雄鸟羽色相似，但雄鸟体形较大。全身羽毛大部分为黑色，领羽为灰色，头颈裸露呈黄色和粉色，远远望去，如同披着一件大氅，威风凛凛，尊贵威严。加州神鹫是食腐动物，吃大量的腐肉。它是世界上寿命最长的鸟类之一，其寿命可达50年。



自从具有里程碑意义的首次放归以来，野生动物学家已经放归了近200只圈养的秃鹫。全世界的加州神鹫数量已经从1987年的22只回升到了396只。目前，野生种群主要集中于墨西哥的下加利福尼亚州、美国的亚利桑那州以及加利福尼亚州的中部和南部。随着这些大型食腐动物返回到方圆700万平方千米的广阔区域，科学家开始利用一些先进技术，帮助这些更新世时代的幸存者们继续生存下去。除此之外，他们还用一些富有创造性的方法，比如把未受精卵换成受精卵，使这个种群的成员数量完全恢复。

杰西·格兰瑟姆是美国鱼类与野生动植物管理局“加州神鹫复兴计划”的协调员。他可以在位于美国加利福尼亚州文图拉市的办公室，追踪到每一只加州神鹫的位置，误差不超过几英尺。他和同事为每一只秃鹫都装上了无线电发射器和太阳能全球定位系统（GPS）设备，每套设备每天都会送回1,000多个位置信息。如果在一段时间内，位置信息总是由同一个地点返回，那就意味着这只秃鹫有麻烦了。工作人员就会长途跋涉，穿过遥远的峡谷去寻找生病或者死亡的秃鹫，检查它们的身体以及它们吃进的腐肉。GPS数据也有助于科学家发现秃鹫繁殖的洞穴，查看秃鹫卵能否孵化，甚至把野外秃鹫产下的不能孵化的卵换成圈养秃鹫产的、孕育着旺盛生命力的卵。

科学家发现，放归的加州神鹫所面临的危险，其中有很多都和26年前一样。最大的危险是腐肉中的铅弹碎片。尽管在加州神鹫的栖息地是

禁止使用铅弹的，但这个问题依然持续威胁着秃鹫的生存，十只秃鹫里就有九只存在着体内铅含量过高的问题。瓶盖、DDT、高压线和间或发生的偷猎也有不小影响。这意味着，环境中仍然存在“会使加州神鹫灭绝的所有因素”，格兰瑟姆说。



尽管如此，利用无线电遥测记录，科学家正在尽最大努力消除这些危险因素。在加利福尼亚州大苏尔海岸附近，GPS的跟踪记录显示出了一条秃鹫从南加利福尼亚的安德森峰到太平洋的飞行路径，在这条路径上太平洋燃气和电力公司有着长达三英里（1英里约为1.61千米）的输电线。三只秃鹫触电死亡后，摆在面前的数据终于说服该公司将输电线埋入地下。另外，科学家还努力让太阳能和风能开发者在工程选址时避开秃鹫的飞行路径。在最重要的问题上，他们也取得了进展——呼吁扩大铅弹禁令的管制范围，并更严格地执行禁令。

今后，科学家将会获得更多数据。新的研究计划包括在秃鹫身上安装微型电子设备，记录心率和扑翼强度，以了解风速和风向如何影响秃鹫对能量的使用。将飞行信息和气象数据联系到一起，科学家可以更准确地了解秃鹫的活动范围，确定哪些地区需要重点保护，美国圣迭戈动物园动物保护研究所的迈克·华莱士说道。

每年花费500万美元的秃鹫复兴计划已经证明，引导加州神鹫在野外繁殖、养育雏鹫是完全可行的。格兰瑟姆和华莱士乐观地认为，在遥测技术的帮助下，秃鹫种群是可以重新繁盛起来的——如果能解决掉铅弹问题的话。

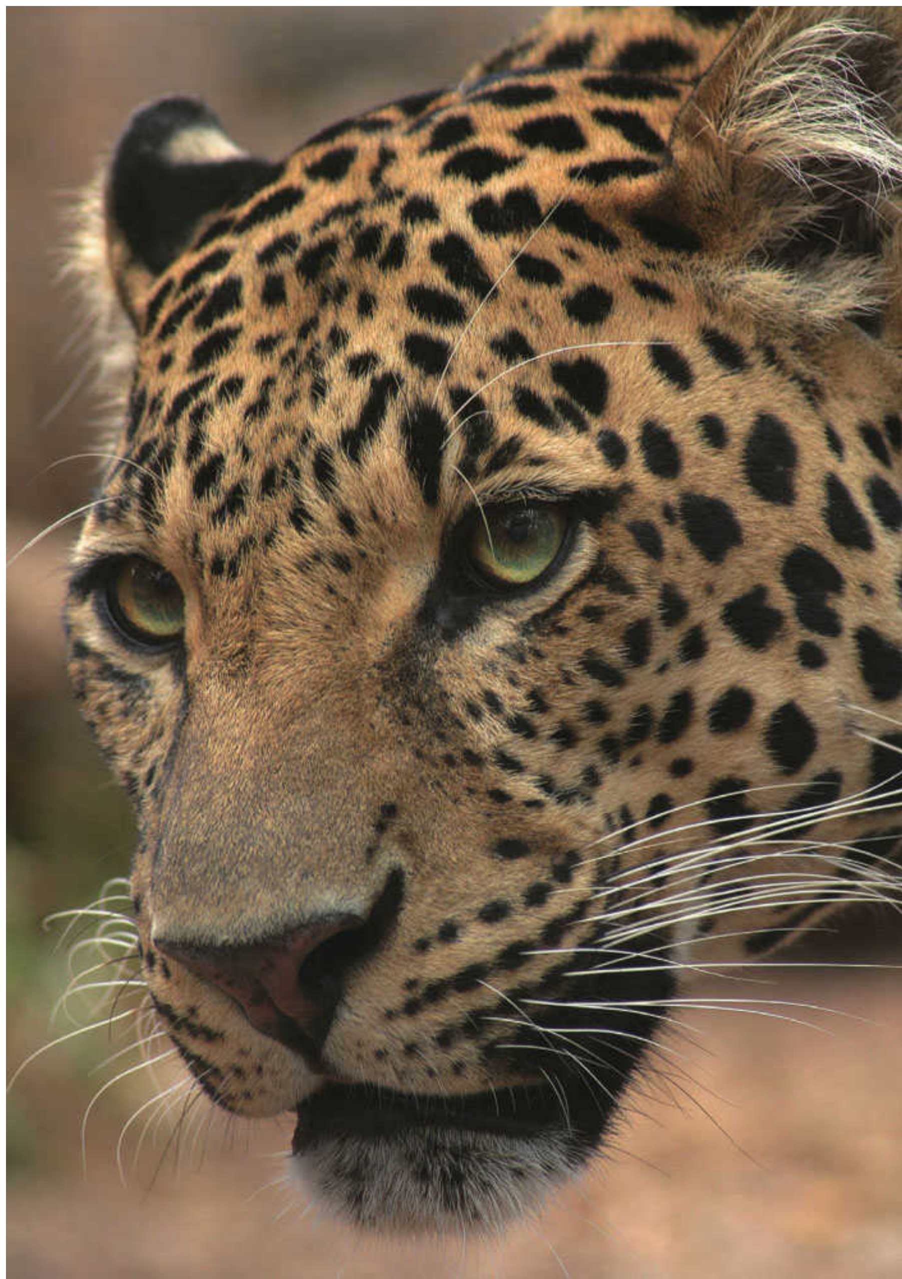
给美洲豹安家

撰文 | 苏珊·格林伯格（Susan H. Greenberg）
翻译 | 薄锦

是否需要为美洲豹专门划定自然保护区引起了人们的广泛争议。目前世界上的濒危物种数量巨大，需要优先保护哪些物种成为一个不可回避的问题。经过数年的法律争议，美国政府最终决定，将为美洲豹设置自然保护区。

美洲豹，体型仅次于狮和虎，是全球第三大和西半球最大的猫科动物，曾在美国繁衍生息。18、19世纪时，人们曾在亚利桑那、新墨西哥、加利福尼亚、得克萨斯等州发现过它们的踪迹。它们有时也会迁至更远的地方，东至北卡罗来纳州，西至科罗拉多州。





由于人类对其领地的侵占，濒临灭绝的美洲豹活动地域整体南迁。如今，它们分布于阿根廷北部到墨西哥索诺拉沙漠一带。不过，由于它们频繁穿越美国西南部边境，有环境保护人士呼吁，美洲豹应有自己的保护栖息地。现在，经过数年法律争议，美国鱼类与野生动植物管理局已表示同意。“我们确实计划提议划定若干保护栖息地，”美国鱼类与野

生动植物管理局菲尼克斯分局的辖地调查督导员史蒂夫·斯潘格勒表示，“只是地点、面积尚待落实。”

美洲豹

美洲豹又叫美洲虎，是生活在美洲的一种食肉动物。它身上的花纹比较像豹，但整个身体的形状更接近于虎，体型大小介于虎和豹之间，是美洲大陆上最大的猫科动物。美洲豹集合了猫科动物的所有优点，是猫科中名副其实的全能冠军，它具有虎、狮的力量，又有豹、猫的灵敏。它咬合力很强，犬齿咬合力可达850磅（1磅约为0.45千克），臼齿咬合力可达1,250磅，使猎物毙命的效率最高。它在咬死猎物时，不同于大多数猫科动物和食肉猛兽一样喜欢一口咬断猎物的喉咙，而是更喜欢用强有力的下颚和牙齿直接咬穿动物坚硬的头盖骨。它甚至可以一口就咬穿龟坚硬的外壳。

美洲豹广泛分布在南北美洲各处，最北分布至美国亚利桑那州，最南分布到阿根廷的北部。它们栖息于森林、丛林、草原，常常单独行动，白天在树上休息，夜间捕食野猪、猴类、水豚及鱼类，无明显的繁殖季节，常在春季发情，4岁性成熟，孕期100天左右，每胎2～4仔。美洲豹野外寿命约18年，人工饲养达20多年。

美洲豹是否值得拥有自然保护区，反映出环保圈内广泛争议的一个问题。那就是，这个星球上日渐消逝的生物种目繁多，我们要如何排定相关资金投入的轻重缓急？有很多专家相信，帮助美洲豹生存下去的最佳途径，就是在美国边境以南即它们繁衍生息之地为它们提供更多的资源。但生物多样性中心的迈克尔·罗宾逊却认为，美国开展的持续至20世纪60年代掠食动物扑杀运动致使美洲豹遭到成批猎杀，应该在这些美洲豹灭绝的地区重新恢复这一种群的生态平衡。他声称，以历史的眼光来看待这一问题，而不是仅仅从当前的现状出发，对解决问题非常重要。



无论美国政府批准的自然保护区位于何处，大概都会是很小的一块。美国鱼类与野生动植物管理局的一个智囊小组在2012年4月份起草了一份草案，圈出的保护区地段包括亚利桑那州的东南角地区以及新墨西哥州西南角的一小部分地区，却忽略了新墨西哥州的希拉国家森林公园以及亚利桑那州的莫戈永边缘。据罗宾逊表示，这两处均为美洲豹的首要栖息地。

“（这一话题）足够人们再争执上几代人的时间，与此同时，这些物种则在走向灭亡，”美国鱼类与野生动植物管理局的智囊小组负责人之一、美国野生猫科动物保护组织Panthera的美洲豹项目执行总监霍华德·奎格利说，“我们最需要的是一块土地，让我们着手实施相应的复原措施。”现在，起码迈出了这第一步。

如何驱逐象群

撰文 | 约翰·普拉特（John R. Platt）
翻译 | 杨风丽

研究人员试图利用大象对蜜蜂的恐惧来减少人象冲突。

老鼠当然不会吓跑大象，但是有一种小动物却能使大象这种厚皮动物避之不及——它就是蜜蜂。在非洲，人象冲突每年都会导致数以百计的人和大象死亡，现在，环保人士已经开始利用大象对蜜蜂的恐惧，令它们远离农作物。



“拯救大象”慈善组织发起的“大象和蜜蜂计划”，旨在探索通过建

立“蜜蜂围栏”（用铁丝将蜂巢悬挂在木栅栏上）来阻止大象践踏或偷食农作物。这个试验性项目最初于2008年在肯尼亚启动，目前已经扩展到6个非洲国家。根据发表在《保护生物学》杂志上的一篇论文，蜜蜂围栏能阻挡约80%试图进入围栏的大象。项目负责人露西·金说，这道特殊的蜜蜂壁垒也给当地人带来了蜂蜜这一收益。

查尔斯和安妮·莫罗林·德伯格基金会发起的“空中牧羊人计划”则试图通过模拟蜜蜂进攻时的声音来威慑大象，最大限度地减少人象冲突。2016年夏天，研究人员将无人机引入马拉维，以搜寻盗猎者，他们发现这种无人机发出的噪声会使大象受到惊吓。“无人机的噪声听上去就像蜜蜂在飞时发出的嗡嗡声。”无人机操作负责人奥托·韦德穆勒·冯·埃尔格解释说。现在，除了阻止盗猎，“空中牧羊人计划”几乎每晚都会派无人机沿农作物围栏和利翁代国家公园的边界飞行，以威慑大象。虽然目前使用无人机并非在每个非洲国家都是合法的，但冯·埃尔格认为，这种方式最终会在更多地区普及。他说：“一架无人机足以驱逐拥有100多头大象的象群。”

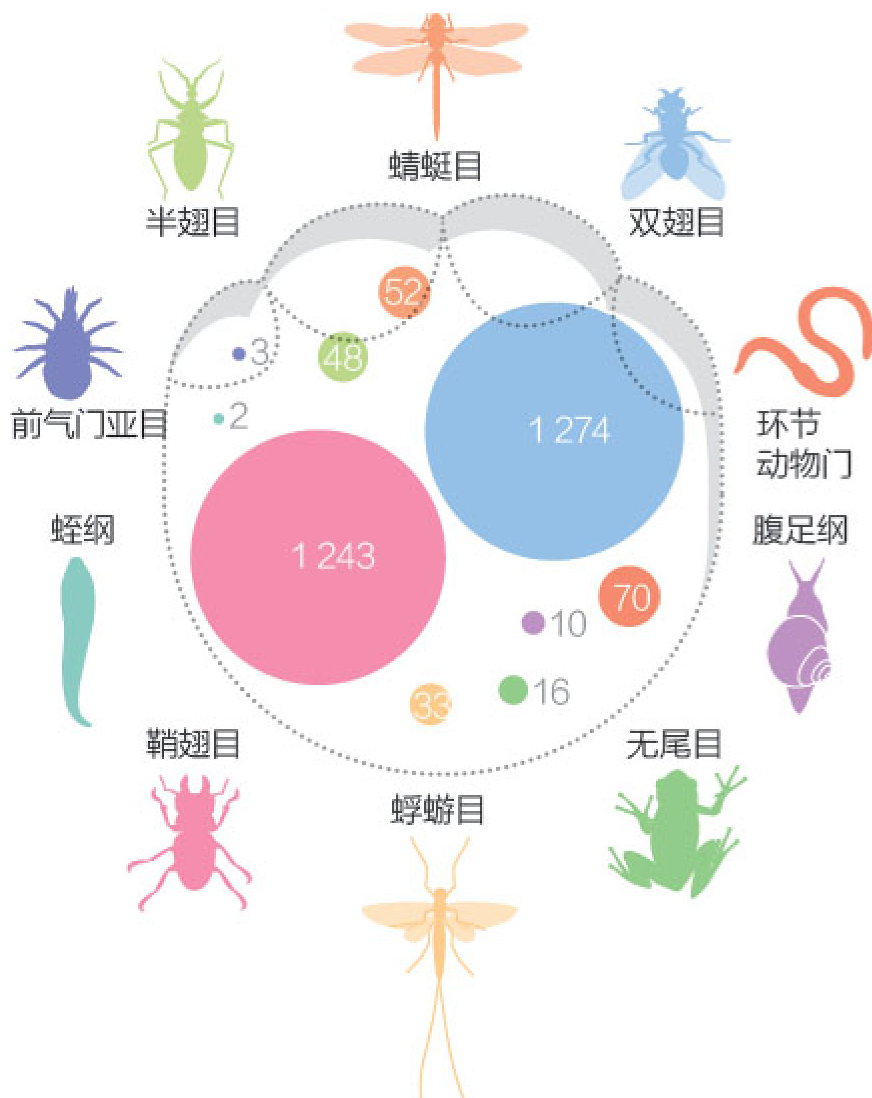
一个大象脚印，数十种生物的家园

撰文｜约翰·普拉特（John R. Platt）
翻译｜林清

大象穿过森林或草原时，身后会留下深深的脚印，这些脚印积水后，就成了许多微小生物的家园。

当你的体重超过6,000千克时，毫不夸张地说，无论走到哪里，你都会留下深深的脚印。非洲象就是如此，最新研究表明，数十种微小生物会在非洲象留下的脚印里安家落户。

大象穿过森林或草原时，身后会留下硕大的脚印，这些脚印有时可深达30厘米。当雨水注满这些大脚印，就形成了一个个小生境（微小生物栖息的、具有特殊环境条件的微小场所）。



大象脚印里的泳池派对
科学家在**30**个大象脚印里发现了数以万计的小生物。

德国科布伦茨 - 兰道大学和其他机构的研究人员来到乌干达，分析了30个由大象脚印形成的小水坑。结果发现，这些小水坑里至少生活着61种小型无脊椎动物，这些动物分属9个目，包括螨虫、蜉蝣、水蜘蛛、水蛭和腹足动物，有时甚至还能发现蝌蚪。

总之，最早留下的大象脚印，其生物多样性水平也最高，也许是因为其中堆积的树叶和其他有机碎屑提供了食物的来源。这项研究结果已经在2016年夏天在线发表在了《非洲生态学杂志》上。

数据表明，大象脚印可能在几个物种的生命周期和食物链中占有一席之地。“谁会料到看似平常的大象脚印，对很多其他物种来说却如此重要，”拯救大象科学委员会主席乔治·威滕迈尔（未参与本项研究）说。

研究人员承认，这项研究仍处于初期阶段，要搞清楚这些外来居民对大象脚印到底依赖到什么程度，还需要进一步研究。然而，这项研究和其他研究（如种子通过大象粪便进行传播）一样，可以表明大象在生态系统中起着至关重要的作用。这篇研究论文的第一作者、德国科布伦茨－兰道大学的沃尔弗拉姆·雷默斯说，对大象脚印的研究再次提醒我们，如果偷猎在非洲仍然猖獗，人类将会失去什么。



人工选育“超级珊瑚”

撰文 | 安妮·斯尼德（Annie Sneed）
翻译 | 黄安娜

通过辅助进化的方法，可以培育出能适应全球变暖的“超级珊瑚”，拯救危机中的大堡礁。

大堡礁位于澳大利亚东北海岸附近，占地面积超过130,000平方英里（1平方英里约为2.6平方千米），是世界上最大的活体结构。那里生活着400多种珊瑚，还有成千上万种海洋动物。然而大堡礁的未来却可能相当悲惨。从1985年到2012年的27年间，已经有50%的珊瑚灭绝。造成这一切的罪魁祸首就是气候变化。气候变化加剧了破坏性热带飓风的形成，并使周遭水域升温，酸性增强。而建立保护区、改善水质等保护措施，则远不足以解救这些脆弱的海洋生物。为了减缓珊瑚灭绝，澳大利亚一家新建的研究机构“国家海洋模拟器”的海洋生物学家，设计出了一种更直接的方法——人工选育“超级珊瑚”，以适应日益恶劣的海洋环境。

“国家海洋模拟器”共有33个反应容器。在接下来的5年中，遗传学家马德琳·范奥彭和同事将在部分容器中培育能适应全球变暖的超级珊瑚。研究人员可精准地调节每个容器中的盐度、温度、水质和pH值，以便挑选出那些可耐受恶劣环境的超级珊瑚。例如，有些容器中的生存环境，就是根据气候模型预测的本世纪末的海洋条件设定的。最能承受高温和低pH值的珊瑚将会交叉繁殖，以培育出含有以上特性的后代。这样耐受性便可代代相传，该过程也被称作辅助进化。如果珊瑚能够快速适应变化中的环境，该进化也可自然发生，但是由于时间不允许，科学家只能人为加快这一进程，以拯救珊瑚。范奥彭说，气候模型显示，未来海洋环境将对珊瑚礁极为不利，所以我们只能尝试用辅助进化的方法，看看能否重建珊瑚礁。



在海洋保护领域，辅助进化属于非常新颖的方法，颇受争议。例如，有些专家担心这些超级珊瑚的数量会超过本土珊瑚。不过，如果范奥彭的工作获得成功，那么澳大利亚政府（“国家海洋模拟器”的资助者）将会考虑把实验室内的超级珊瑚移植到大堡礁。一场拯救珊瑚的比赛已经拉开序幕！

话题四
环保技术带来生机

科技使我们的生活得到了前所未有的便利，但这些便利也让我们付出了代价：在穿上干净衣服时，去污剂却进入了河流中；渴了随时能买到瓶装水，但那些塑料瓶却会留在环境中，几百年也不会分解……幸而我们意识到了这些问题，依然是科技——也许还有一些政策来帮忙——让我们能够亡羊补牢。

让去污剂更安全

撰文 | 丽贝卡·伦纳（Rebecca Renner）
翻译 | 周俊

环境保护不仅仅是环保学家和生态学家的事，化学家们也在致力于提供更多的环境友好型产品。人们日常生活中遇到的去污剂就是一个例子，化学家们发现碳链越短，去污剂对环境的伤害越小，“短链去污剂”成为化学家们努力的目标。

去污剂让地毯和衣物清洗变得非常方便快捷，而这都归功于含氟表面活化剂。过去，人们常用这种活化剂来改善油漆和光亮剂的功效。受到特别关注的是全氟辛酸铵，这种物质是含氟表面活化剂最常见的分解产物之一。2005年7月，美国国家环保局的科学顾问委员会建议，把全氟辛酸铵列为“可能的”人类致癌物；加拿大也开始禁止使用一些有可能在环境中分解为全氟辛酸铵的化合物。不过，化学家们正在致力于改变含氟表面活化剂的结构，使它们既能够发挥作用，又更加安全，并且还不会在环境中累积。



含氟表面活化剂的基本结构是碳原子形成的长链，周围环绕着许多氟原子。碳链越长越坚固，效果越好，因为这种碳链能让许多碳－氟分子到达表面发挥作用，并将碳链的大部分埋在深层。含氟表面活化剂最常见的用途，是添加在去污剂中，此时，碳－氟分子紧紧结合在一起，形成看不见的保护层。不过，链的长度也正是环境问题的根源所在。所谓的长链含氟表面活化剂，以8个碳原子结构（C8）为基础，比短链含氟表面活化剂更容易进入体内，分解形成全氟辛酸铵。加拿大艾伯塔大学环境毒理学家乔纳森·马丁说，全氟辛酸铵和其他相关长链含氟化学物质会附着在血红蛋白上，伪装成消化酸，很难清除。



涂鸦可能成为往事：含氟表面活化剂保护层可能使漆面乱七八糟，新一代含氟表面活化剂对环境更安全。

氟的功能

含氟表面活化剂能发挥作用，原因在于它们与周围的化学物质具有亲疏关系。被氟围绕的碳原子链形成疏端，排斥水基和油基污物。分子亲端与烃类物质相结合，将链附着到其余的保护层上。为了抵御污物，数百万碳－氟链的顶端必须停留在表面。例如，在较低浓度的时候，含氟表面活化剂的表面张力减小，使光亮剂和油漆更好使用，表面更光滑。

加拿大多伦多大学的化学家斯科特·马贝瑞致力于揭示含氟表面活化剂对环境的影响。他认为解决环境问题的办法，是缩短碳－氟链，降低含氟表面活化剂的生物可利用性。实际上，早在2001年，美国3M公司在改良斯科奇加德防油防水剂的成分时，就利用了这种方法。然而，将碳原子从8个减到4个之后，产品供销也打了折扣。因此，3M公司等还在继续寻找更有效的解决办法。

为了取代光亮剂和油漆中的长链含氟表面活化剂，美国欧诺瓦解决方案公司为一些化学产品申请了专利：它们拥有长而有弹性的骨架，周围接满了短碳原子链（C1和C2）。柔性使短链可以到达物质表面，效果与传统C8光亮剂和蜡不相上下，甚至更佳。试验表明，这些化学物质不

会在鱼体内累积，也不会在污水处理时分解。传统的含氟表面活化剂，似乎已经证实在污水处理过程中会分解，释放长链化学物质。欧诺瓦公司的含氟表面活化剂目前正在用于工业光亮剂和油漆中，这样，光亮剂和油漆使用起来更方便。同时，欧诺瓦公司的产品也用于抗涂鸦层中——涂鸦会使漆面变得乱七八糟。

化学家仍在挑战制造“短链去污剂”这项更艰巨的任务，并获得一些进展。美国北卡罗来纳大学教堂山分校的研究人员，便在着手申请一种新型抗污化学产品的专利保护。这种抗污化学产品以2005年8月在美国化学学会年会上发布的短链为基础。研究者发现，利用特别的烃类来支撑C4链，会使它具有刚性。而这些成就可能只是揭开了短链含氟表面活化剂应用前景的序幕。

加快绿色专利审批

撰文 | 拉里·格林迈耶（Larry Greenemeier）
翻译 | 王栋

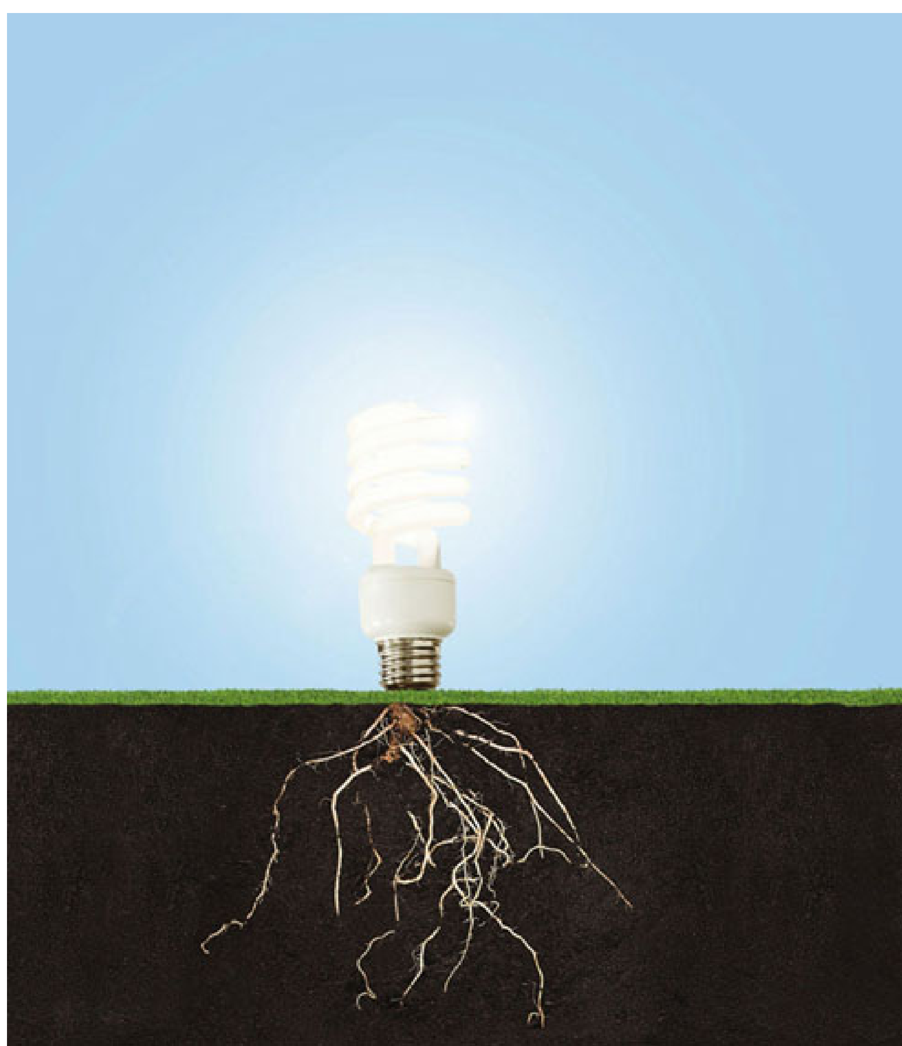
缩短绿色技术的审批周期，让绿色环保技术不至于在办公室的漫长审核中“枯萎”，也是一种“环保”。

2009年12月，美国专利商标局启动了一个试点项目，以加快绿色技术的发展。试点项目的目标是，将通常长达40个月的专利申请评估周期缩短一年。然而，美国专利商标局已经批准通过的专利，大约只占收到申请总数的1/3，这让发明者甚至美国专利商标局本身都感到失望。美国专利商标局专利评审委员罗伯特·斯托尔说，这个项目的通过率“比我此前期待的要低”。

截至2010年5月初，提交给美国专利商标局“绿色科技”试点项目的943项申请中，只有335项合格并被提交进入专利审查程序。对此，斯托尔解释说，申请人往往过于“急进”，只想受益于这一“快速通道”，却忽视了该项目必须满足的要求。

对于该项目的要求，美国专利商标局在2009年12月8日的《联邦公报》上给出了如下解释：他们寻找的发明必须分属于几个大类——环境质量、能源保护、可再生能源发展以及削减温室气体排放。《公报》还列出了79个具体类别。然而，斯托尔也承认，如果这个办公室只能批准1/3的申请，“或许我们需要抛弃对大类和类别的限制，放宽对绿色技术的定义”。

但是，在这一领域，很难定义哪些要素才能构成一项值得颁发专利的发明。美国马萨诸塞州剑桥市芬尼根 - 亨德森律师事务所的合伙人埃里克·拉齐蒂说，大多数正在开发的用于改善（或者至少不损害）环境的技术，都只不过是对现有设备的一些改进。在美国专利商标局做过5年专利审查官的拉齐蒂解释说，尽管所有能产生能量并降低对化石能源依赖程度的发明都可以被认为是绿色的，但实际上能够做到这一点的技术，往往都借鉴了来自其他领域的跨学科技术元素的融合。



植物灯泡不用插电？旨在鼓励绿色技术的专利快速审批系统的开发进展缓慢，暗示绿色技术的定义需要被重新思考。

美国纽约Lux研究科技咨询公司的研究主管马克·宾格尔也说，这个为绿色专利提供快速通道的项目，对绿色技术的发展“不会带来多大的影响”，因为许多此类技术已经获得过专利了。他表示：“我不会去过度吹嘘绿色专利快速通道的重要性。”宾格尔还说，各大公司试图申请绿色专利的那些技术，通常只是一个能够削减化石能源消耗或者有助于保护环境的较大工程或项目中的一小部分，然而“在清洁技术领域，永远不可能存在单靠它自己就能全部搞定的所谓‘关键技术’”。

并不是所有的公司都放弃了申请绿色专利的希望，尤其是那些正在

起步发展中的新公司。“能够宣称自己的发明符合快速通道要求，就意味着它确实具有一些特别之处，”美国加利福尼亚州山景城高增益太阳能电池板阵列制造商Skyline Solar公司的市场及外勤部副主管蒂姆·基廷说，“这肯定会让投资者更有信心，意味着你能以更小的代价来取得盈利，并且能在更短的时间内盈利。”

斯托尔说，为期一年的试点期满后，快速通道项目是否能继续下去，将取决于若干评价标准。标准包括：热情的发明者对该项目的利用情况（申请数量），他们提交合乎标准的绿色技术专利申请的频率，以及公众对该项目的评价。



细菌“吃”掉塑料

撰文 | 阿曼达·罗斯·马丁内兹（Amanda Rose Martinez）
翻译 | 蒋青

小小的细菌可能才是真正的“环保卫士”。研究表明，它们可能掌管着对付白色污染的制胜法宝。细菌通过降解海洋中的塑料废弃物，担负着海洋清道夫的角色。

我们把塑料购物袋、杯子、瓶子和其他废弃物扔进大海。它们的残块又化身为亿万片指甲大小的塑料屑，聚集在海面上。目前，至少在两个海盆（北太平洋和北大西洋）的中心地带，都能瞥见这些塑料屑的身影。

白色污染

白色污染是人们对难降解的塑料垃圾（多指塑料袋）污染环境现象的一种形象称谓。它是指用聚苯乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等高分子化合物制成的各类生活塑料制品经过使用后被弃置成为固体废物，由于随意乱丢乱扔，难于降解处理，以致造成城市环境严重污染的现象。

白色污染是全球城市都有的环境污染，在各种公共场所到处都能看见大量废弃的塑料制品，他们从自然界而来，由人类制造，最终归结于大自然时却不易被自然消纳，从而影响了大自然的生态环境。从节约资源的角度出发，塑料制品的主要来源是面临枯竭的石油资源，应尽可能回收，但现阶段再回收的生产成本远高于直接生产成本，在现行市场经济条件下尚难以做到。

2010年，一组研究人员在《科学》杂志上发表文章，披露了一个不为人知的秘密。通过调查22年来北大西洋西部的塑料积累情况，科学家发现，尽管这些年的全球塑料制品产量从每年7,500万吨飙升到了2.45亿吨，但调查区的塑料总量却没有增长。多出来的塑料去哪儿了？新研究表明，这些碎屑恐怕都被海洋微生物“吃”进肚子了。



在最近一次北大西洋马尾藻海远航中，美国海洋教育协会的科学家收集了一些在肉眼看来相对平整光洁的塑料屑。但是，当他们在扫描电子显微镜下放大这些1厘米见方的碎片时，映入眼帘的却是一个新世界。“我们看见碎片都被细菌覆盖了。”伍兹·霍尔海洋研究所的特雷西·明塞尔说。

更令人惊奇的还在后面。他观察一个个细菌，看着它们沉降到塑料表面，腐蚀出两倍于自身直径的印迹。明塞尔说：“它们看上去就像在雪地上燃烧的煤块。”2011年3月，他的同事在于火奴鲁鲁举办的第5届国际海洋废弃物会议上报告了这一发现。

明塞尔提醒说，目前的观察结果尚属初步，但是如果得到确证，这些发现就会成为海洋微生物能够降解塑料废弃物的首份证据。他还说，学术界尽管公认细菌在温暖潮湿、营养富集的垃圾填埋地具有降解塑料的能力，一直认为海洋表层的环境很糟糕，以至于生物降解难以发生。那里水体寒冷、水流湍急，养分也极其贫乏（在马尾藻海，养分贫乏的情况尤甚）。

海洋教育协会的卡拉·拉文德·劳曾作为美国《科学》杂志上一篇文章的第一作者，首次报道了海洋塑料的消失之谜。她认为，新研究对理解海洋中塑料废弃物的最终命运非常关键。她说道：“如果我们能弄明白塑料是怎么被分解成小分子的，那将会是个惊人的发现。”

足球走向绿色

撰文 | 冈彦·辛哈（Gunjan Sinha）
翻译 | 波特

随着人们对气候变化问题的认识和了解，如今，绿色和低碳生活成为人们健康生活的一种方式。而世界杯，这一世界上最受欢迎的体育赛事，也可以成为削减碳排放量的一种新方式。

2006年6月，当全世界球迷冲到德国享受“世界杯”时，足球、啤酒和德式小香肠可能是他们脑海中的全部。但这类盛会都有一个缺点——污染。100万球迷和游客大吃大喝，消耗了许多能量，也产生了大量的二氧化碳。由于环境保护是当今德国时代精神的重要组成部分，这届世界杯的“绿色目标”便显得尤为必要。包括国际足球联合会和德国足球协会在内的团体共捐出了120万欧元，希望通过投资3个可再生能源项目，把2006年世界杯决赛办成第一场降低二氧化碳排放量的体育赛事。

在公众的环境意识里，碳削减项目是现在最时尚的风气。至少十几家公司做出承诺，将减少飞行和驾驶活动，以及婚礼和唱片发布会等活动产生的温室气体排放量。但是，自愿的碳削减项目并没有得到监控，这使消费者无法确定他们的钱是否花到了有益环境的项目上。此外，这些活动的二氧化碳排放量微不足道，因此对削减碳排放量的作用也不大，例如，德国每年的二氧化碳排放总量约为8亿吨，举办世界杯仅仅多排放10万吨而已。

不过现在情况有了转机。2005年，欧洲建立了“限额交易”体系。为了达到《京都议定书》要求的目标，欧洲50%的工业被限制了二氧化碳的排放。　　1995年，美国建立了二氧化硫贸易市场，成功地降低了酸雨程度，欧洲官方便模仿了这个体系。欧洲的贸易市场发展起来时，一些环保主义者认为，自愿的碳削减项目也许可以加入到已经存在的“限额交易”市场方案中，以便更好地削减二氧化碳的排放量。



集中的碳：2006年的世界杯带来了会消耗大量能量的游客。足协的官员们希望通过资助可持续能源项目来抵消排放的碳。

但现在，自愿项目的相关团体正忙着赚因减少碳排放量而获得的信用指数。作为环境问题的专家，德国柏林生态学会的克里斯蒂安·霍奇菲尔德制定了世界杯的“绿色目标”计划。他说：“我希望我们的行动会起到表率作用。”

《京都议定书》（Kyoto Protocol）

《京都议定书》（又称《京都协议书》、《京都条约》，全称《联合国气候变化框架公约的京都议定书》）是《联合国气候变化框架公约》的补充条款，是1997年12月在日本京都府京都市的国立京都国际会馆召开的联合国气候变化框架公约参加国三次会议制定的。其目标是“将大气中的温室气体含量稳定在一个适当的水平，进而防止剧烈的气候变化对人类造成伤害”。2012年12月8日，在卡塔尔召开的第18届联合国气候变化大会上，本应于2012年到期的《京都议定书》被同意延长至2020年。

限额交易：是指国家或某个组织为了减少二氧化碳的排放量，而对内部所有企业给出一个限额，要求在规定的时间内，使二氧化碳的排放量减少到一定的程度。达到这个限额，甚至好于这个限额的企业，就能赚到一定的信用指数，而达不到的企业，如果不想被停工整顿，就必须花钱去买信用指数。

为了这个目的，德国柏林生态学会选择了那些符合世界野生动物基

金会标准的计划，以更好地为受《京都议定书》影响的工业安排高质量的发展计划。在印度泰米尔纳德邦，可持续发展妇女组织是一个非营利组织，该组织将监督700到1,000个沼气反应池的建设。沼气反应池是一种水井大小的简单封闭坑，村民把牛粪倒进坑内，物质发酵产生的气体可供炉子燃烧，替代煤油。另外两个可持续能源项目将在南非进行。其中一个是收集从污水处理设备中释放的气体，燃烧发电，再供应给南非约翰内斯堡附近的塞伯肯。另一个是用烧锯屑来代替柑橘农场的烧煤供热系统。锯屑是木材加工过程中的副产品，通常都被丢掉了。这些项目足以抵消足球比赛排放的所有二氧化碳。

世界杯的组织者还可以选择种树的方法——以前的体育赛事曾经采用过，如“超级碗”比赛，或者投资其他家庭植树计划。但这个方案遭到了否定，因为树木要生长很多年才能吸收等量的释放气体。同样，并不是所有的可再生能源计划都是“削减”计划。环境保护组织认为，如果某个项目碰巧通过政府的资助启动了——如利用风能，并不能算作真正的削减碳排放量。

最近，自愿性活动并没有产生可以用来进行交易的信用指数。想象一下，如果人们通过这类活动获得了信用指数会怎样。那些印度村民可以通过减少他们的排放量来赚取信用指数，再把它卖掉。总部设在纽约的美国环境保护协会是一个非营利组织，其国际律师安妮·皮松克说：“每个人都能参与进来，那该是多么有趣啊！能量效率将被大大地激发出来。”她还预言：“因此，我们谈论的是调整经济力量，以便在更大的尺度上保护环境。”



为地衣搬家

撰文 | 罗杰·德劳因（Roger Drouin）
翻译 | 杨风丽

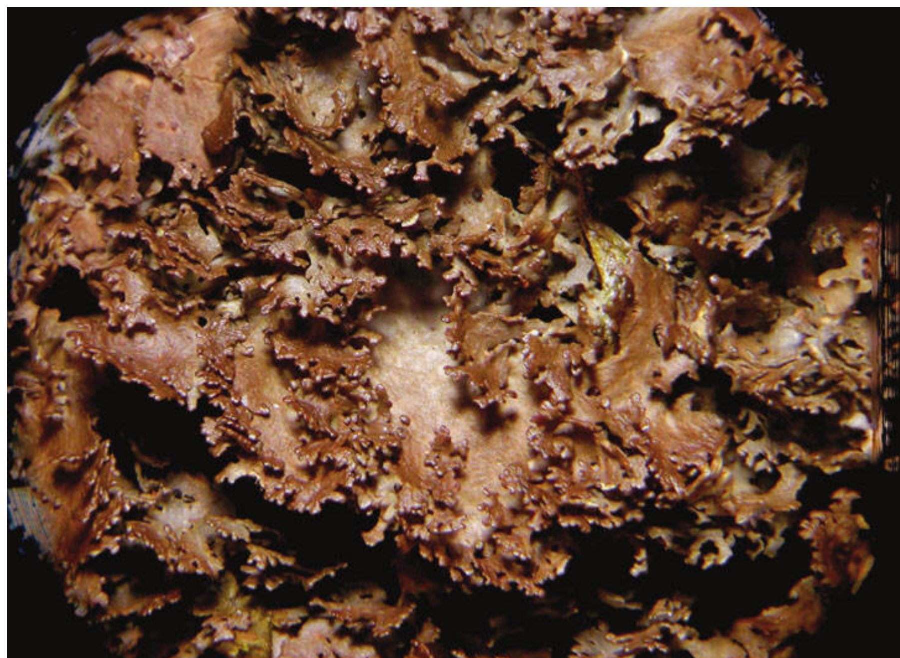
一些稀有物种受到海平面升高的威胁，植物学家计划将它们迁移到海拔较高的地区。

据预测，由于气候变化的影响，海水不久就会淹没北卡罗来纳州的大部分沼泽森林，破坏生物多样性。但美国鳄鱼河国家野生动物保护区的某些生物或许可以获得一次逃生的机会。一支由地衣植物学家组建的团队，正计划将覆盖在当地树表的某些地衣小心地剥离，转移到新的生长地。

对于这些不同寻常的生物来说，移植的风险是很高的。就目前所知，在保护区内，戴氏牛皮叶的分布面积只有数平方英里，其他稀有的当地特产的地衣也濒临灭绝。海水入侵最终将毁灭低洼地带的沿海森林，例如鳄鱼河流域的沼泽森林。因此，重新安置可能是拯救当地大量地衣的唯一办法。

如果不采取拯救行动，地衣的分布面积很可能在50年内消失一半；若遭遇到最恶劣的气候，剩余的一半也会在之后的50年内消失。为了阻止这种情况发生，纽约植物园助理馆长、地衣植物学家詹姆斯·伦德默和同事正在为重新安置整个地衣群落筹划一个宏伟的计划。

地衣是真菌和藻类或蓝藻（蓝细菌）的共生体，它们为蜘蛛、线虫和飞蛾提供了庇护所，也能为田鼠、北美驯鹿和其他有蹄类动物提供食物。地衣有助于调节森林小气候，还可以从雾气、露珠和雨水中吸收水分，然后再将水分释放到森林的树冠层中，从而使森林湿度保持稳定。



从2012年到2016年，伦德默和植物园的研究人员杰西卡·艾伦考察了从新泽西州南部至南卡罗来纳州的广大地区，记录了包括戴氏牛皮叶在内的地衣的生物多样性。在中大西洋海岸平原，该团队已经规划出了辅助地衣迁移的可行方案，并且在南阿巴拉契亚山脉成功地对多种地衣的移植方法进行了测试。艾伦用镊子小心地取下地衣，然后放置于麻布、纱布和塑料网的表面，以便于运输。目前，该团队正在研究相关策略，将地衣群落从它们危险的生长地（包括中大西洋海岸平原的沼泽森林），移植到附近的保护区或该物种早前的分布区域。他们的研究成果发表在2016年10月的《生物保护》杂志上。

英国爱丁堡皇家植物园的地衣学家克里斯托弗·埃利斯表示，地衣学家过去对地衣个体进行过移植，但移植整个群落的确是一种保护地衣的新方法。地衣创造的理想环境，例如拥有稳定的湿度，是每一个个体共同作用的结果。因此，移植地衣群落中的多个物种是它们能够长期存活的关键。北美在群体移植方面取得的进展，很可能给研究人员在苏格兰部分海岸沿线进行的类似工作带来启发。埃利斯解释说，苏格兰正在着手实施一项宏伟的“稳步后撤”计划，生物学家会将沿海地区的地衣从海岸线迁移到重建的生长地，主动应对海平面升高带来的威胁。

绿色屋顶为蝙蝠提供栖息地

撰文 | 肯拉德·皮埃尔 - 路易斯（Kendra Pierre-Louis）
翻译 | 黄安娜

对许多物种来说，绿色屋顶已经成为它们越来越重要的栖息地。

多年来，美国许多城市都鼓励居民将自家屋顶改装成绿色屋顶，将光秃秃的焦油沥青屋顶变成葱郁的“绿洲”。这些植物让房屋冬暖夏凉，还能吸收部分降雨，从而减轻下水道的压力。而这些郁郁葱葱的植物不仅形成了一片人造景观，还给另一些城市居民——蝙蝠——带来了好处。

纽约下东区生态中心的生态学家凯特琳·帕金斯说：“在纽约，人们能看见鸟、昆虫，甚至鱼，但几乎没听过有人说自己看到了蝙蝠。”

而实际上，城市中是有蝙蝠出没的，有6种当地蝙蝠会在城市的钢筋水泥丛林上空飞掠，它们需要栖息地，需要食物——昆虫。研究人员称绿色屋顶是蝙蝠最佳的用餐地点，因为这里有大量的昆虫。凯特琳说：“绿色屋顶中的植被中藏着大量昆虫，而且周围公园和其他地方的昆虫也喜欢光顾绿色屋顶。”2012和2013年，凯特琳（当时就职于美国福德汉姆大学）和同事分别在4个光秃秃的屋顶和4个长有植物的绿色屋顶上，放置了超声波记录仪，以记录蝙蝠发出的超声波。尽管他们在两种类型的屋顶上都监测到了蝙蝠，但是平均来说，绿色屋顶上的蝙蝠活动量是普通屋顶上的2倍。用软件分析蝙蝠的叫声后发现，最常光顾的蝙蝠是树栖东方红蝙蝠。

该团队的两项最新研究已经发表在《城市博物学家》上。凯特琳总结道：“这些研究表明，对许多物种来说，绿色屋顶已经成为它们越来越重要的栖息地。”但她补充道：“绿色屋顶并不能取代为保护城市野生动物而建立的公园和其他地面上的绿色空间。”不过，印第安纳大学的生态学副教授约瑟夫·杜尚（未参与本次研究）称赞说：“绿色屋顶这种形式，至少不占地方。而且被绿色屋顶上的大餐吸引而来的蝙蝠可将那里的害虫数量控制在与地面相当的水平，一些蝙蝠可以在一小时之内吃掉1,000只蚊子。”

现在，凯特琳给纽约人一个建议——“抬头看，上面也有风景”。





纽约的绿色屋顶（图**1**），会吸引蝙蝠——如树栖东方红蝙蝠——（图**2**）前来，因为这里有大量的昆虫和蜘蛛。

黑足雪貂基因拯救计划

撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 赵昌昊

美国鱼类与野生动植物管理局计划向黑足雪貂这一物种引入消失已久的基因，丰富其基因多样性。

1987年，世界上已知存活的黑足雪貂只有18只，经过多年的圈养繁殖和严格管理，目前黑足雪貂的数量已经回升至数百。

然而，在这次个体数量骤减和反弹之后，黑足雪貂现在面临着基因多样性不足的问题，因为它们都是近亲关系，易患相同的遗传疾病，并且可能对同种病原体或环境变化敏感，个体数量很可能会再次下降。

为了丰富黑足雪貂种群的基因多样性，提高黑足雪貂长期存活的概率，美国鱼类与野生动植物管理局打算充分发挥现有生物技术的力量，人为向黑足雪貂种群添加基因。计划添加的基因来自于那些早已死亡的黑足雪貂，这些基因虽然随着个体数量减少从自然界消失，但仍然存在于动物园和博物馆的尸体样品中。

虽然这个计划听上去不像复活冰河时代的猛犸那样高端大气，但从基因层面上讲，这相当于将死亡的黑足雪貂复活，而且在实现难度上也毫不逊色于复活猛犸。

然而更让人揪心的是，30年前的18只黑足雪貂，最终只有7只成功地将基因传递给了后代。美国黑足雪貂保护中心（隶属于美国鱼类与野生动植物管理局）的新闻发言人金伯利·弗雷泽说："如今的每只黑足雪貂都来自当年的那7只。如果这样的事情发生在人类身上，后果难以想象。"

去年，在恒今基金会"复活与修复"项目的资助下，科学家完成了对两只现存活体黑足雪貂的基因测序，并且利用保存在美国圣迭戈动物园的冷藏动物馆中的标本，获得了死于上世纪80年代的一雄一雌两只黑足雪貂的DNA。

经过比对，库存的黑足雪貂标本与现今的活体之间确实存在基因差异，并且可以用克隆、CRISPR等技术将这些已经从自然界中消失的基因

重新引入黑足雪貂种群。此前，科学家曾尝试用基因技术来挽救候鸽等濒危物种，并且从理论上讲我们可以克隆冷冻的黑足雪貂，再与现存个体交配，从而恢复基因多样性。

我们也可以用这些克隆个体的基因组装出可以编码特定抗体的DNA，以抵御黑死病和犬瘟热等常见感染；还可以敲除导致黑足雪貂易感瘟疫的基因，从而增强其生存能力。复活与修复项目的执行理事瑞安·费伦说："虽然我们只是打算把两只已经死亡的黑足雪貂的基因引入现有种群，但这将带来极大的改善。"

在这场生存保卫战中，黑足雪貂有天然优势，它们繁殖速度快，并且近亲物种个体数量充足，可以代替黑足雪貂用于相关克隆技术的前期研究。当然，用基因修饰的方法拯救黑足雪貂，需要足够的资金支持，并且与其他涉及濒危物种的基因工程项目一样，也面临法律方面的问题。

此外，还有诸多技术障碍需要克服，比如成功克隆一只可用于繁殖的个体十分困难，确定添加或敲除哪些基因也需要漫长的过程。如果能够组建起研究团队，并找到资金支持，那么"复活与修复"项目组将在年内在圣迭戈动物协会的赞助下，利用人工培养的细胞进行初步的基因编辑工作。

如果采用基因手段可以拯救濒临灭绝的黑足雪貂，那么这项技术或许也可用于其他动植物的保护工作，例如，某些因壶菌感染而几乎灭绝的两栖动物和近亲繁殖的袋獾——后者正在遭受传染性面部肿瘤的威胁。

其实，科学家在拯救北方白犀牛时已经使用了基因修复技术。北方白犀牛是犀牛的一个亚种，目前世界上仅存3只。一个由多国科学家组成的研究团队正试图将死亡雄性犀牛的冷冻精子和含有不同基因的配子（即由干细胞人工分化得到的性细胞）结合。前不久，研究人员在《动物生物学》的网站上公布了这项拯救计划的细节，其中还写道："如果不采取特殊手段，那么北方白犀牛将注定灭绝。"



300只黑足雪貂由动物园和圈养繁殖项目饲养，另有几百只生活在野外环境中。

所有这些项目都需要考虑伦理学方面的问题。比如，有一种反对复活灭绝生物的声音认为，与其把钱浪费在复活史前猛犸上，不如花在保护现存大象上。将有限的资金用于保护现有生物的生态环境、打击偷猎行为不是更好吗？

不过，针对黑足雪貂的基因拯救计划则可以表明，复活灭绝生物这种基因技术或许也可用于保护处于灭绝边缘的现存物种。费伦认为，我们应该思考，在什么情况下才可以人为干预自然，拯救那些已不能适应自然环境、将被淘汰的物种。

美国鱼类与野生动植物管理局期望，能够将黑足雪貂的规模恢复至30个野生种群，总数达到3000只，并且能够自然繁殖，可以回归美国怀俄明州的米蒂齐——也就是它们最初被发现时所处的自然环境。如果不进行基因修复，近亲繁殖可能会导致黑足雪貂的数量再次下降，甚至灭绝。弗雷泽说：“在基因多样性如此有限的情况下，根本不可能依靠圈养繁殖维持黑足雪貂生存100年。希望我在有生之年能看到基因拯救计划实施！”

仿生树叶诞生

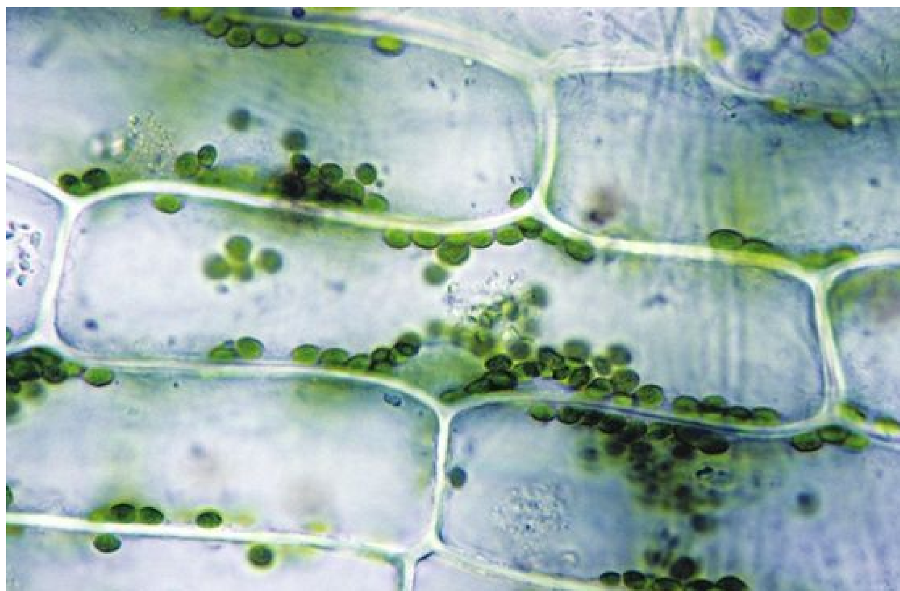
撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 颜磊

仿生电池超越光合作用。

一片树叶、一根小草，抑或一个藻细胞，都能通过光合作用，将水、二氧化碳和阳光变成燃料。最近，科学家宣布，他们成功研制出了青出于蓝而胜于蓝的“仿生树叶”。

美国哈佛大学化学家丹尼尔·诺切拉的团队与哈佛大学医学院合成生物学家帕梅拉·西尔弗的团队联手，研制了一种“活”电池，研究人员将这种结合了生物学与应用技术的电池称为仿生树叶。仿生树叶通过光伏板将太阳能转化成电能，激活催化剂后，将水分解为氧气和氢气。然后，系统中的微生物吞食氢气，并将空气中的二氧化碳转变成醇类燃料。2015年，这个团队造出了第一台人工光合作用装置，当时用1升水可以生产216毫克酒精，不过，用于分解水的镍－钼－锌催化剂对微生物有毒性。

于是，研究人员开始寻找新的催化剂，最近他们发现了一种更好的催化剂——钴磷合金（这种混合物常作为一些塑料和金属制品的防腐蚀层）。换上新催化剂后，升级版的仿生树叶生产异丙醇、异丁醇等醇类燃料的效率提高了约10%。具体来说，每消耗1千瓦时（即1度）的电，这些微生物可以吸收130克二氧化碳，生产60克异丙醇，效率竟比自然界的光合作用高了约10倍。该成果发表在最近的《科学》杂志上。诺切拉认为，这种仿生新技术能将空气中多余的二氧化碳转变成清洁能源，既能使那些无法获得新能源的人们得到清洁燃料，也有助于缓解全球变暖和空气污染。



植物细胞中，叶绿体负责光合作用。

用假花消灭害虫

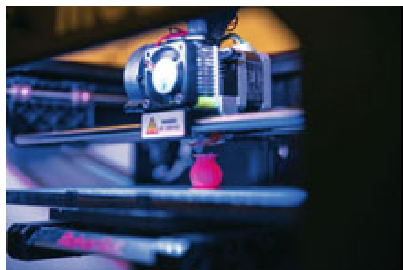
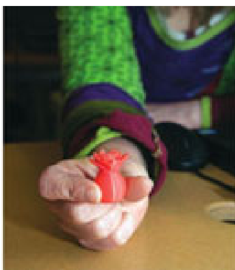
撰文 | 黛布拉·韦纳（Debra Weiner）
翻译 | 黄安娜

用**3D**打印技术制作的假花来诱捕害虫，或许可以拯救濒临灭绝的瓶蓟。

虽然“美人计”相当残忍，但美国芝加哥植物园的科学家欲用此计来消灭一种害虫。卡尔瑞·黑文斯和同事在美国威斯康星州北部沙丘“种植”了60株用3D打印技术打印出的假花，以引诱象鼻虫——一种外来生物，并消灭它们。

20世纪90年代起，为了控制疯狂入侵农牧场的杂草加拿大蓟，科学家在美国全境投放了外来生物——象鼻虫。但就像之前很多“好心办坏事”的物种控制一样，事情愈演愈烈。这种长鼻子昆虫反客为主，开始攻击包括瓶蓟（又称沙丘蓟）在内的本土蓟类植物。瓶蓟是一种带刺的会开花的植物，只生长于北美五大湖区域。早在1988年，瓶蓟就因栖息地遭到破坏而被美国鱼类与野生动植物管理局列为濒危物种。黑文斯称，如果放任不管，吃种子的象鼻虫将导致瓶蓟加速灭绝。

如今，黑文斯希望用3D打印技术打印出的假蓟花能以假乱真，诱骗象鼻虫，从而达到生物防除的目的。这些紫色、蓝色或者白色的塑料花安放在20英寸（1英寸为2.54厘米）长的榫钉上，混杂在威斯康星州多尔县半岛的真花丛中，呈现半开或全部盛放的状态。大多数假花的花蕊都是用在柠檬味或冬青味液体中浸过的棉芯制作的，这两种气味会引诱象鼻虫前来。植物学家帕蒂·维特称：“我们需要能使象鼻虫‘发疯’的化学物质。”摄像机可捕捉动物在人造花地上的各种行为，这有助于研究人员统计象鼻虫最爱哪种3D假花模型，有多少只昆虫拜访了这种花，并分别停留了多长时间。一旦科学家确定了能吸引象鼻虫却不吸引蜜蜂等其他传粉昆虫的3D模型，弄清假花的形状、颜色、气味的最佳组合后，就可以“请君入瓮”了。不过，要确定所有这些细节，还需要好几年的时间。目前为止，3D打印花引诱而来的象鼻虫都被轻易捉到并溺死在肥皂水中。如果这种以假乱真的招数真能奏效，那么或许有一天威斯康星州的沙丘上将出现成片的3D打印花朵。


一层层打印出塑料蓟类植物花朵之后，研究人员将其“种植”在威斯康星州沙漠中。

更多与3D打印有关的生态研究

撰文｜凯特·朗　莎拉·卢因

诱骗昆虫

美国宾夕法尼亚州立大学的昆虫学家已利用带电的3D打印昆虫来诱杀绿灰虫。绿灰虫是一种损毁灰树的小型甲虫。当雄性绿灰虫（真虫）趴在雌性绿灰虫（打印出的假虫）身上时，雄虫就会受到致命电击。

野生花朵

美国华盛顿大学的研究人员利用3D打印技术打印出各种各样的花朵，以探究像蜂鸟鹰蛾这样的传粉昆虫是如何选取某一特定花朵采食的。

模拟鸟蛋

牛鹂经常在知更鸟巢中产卵，让别人帮自己抚养后代。然而，知更鸟妈妈却常常能判断出这不是自己的宝宝，并把外来鸟蛋扔出去。为了弄清鸟妈妈是如何判断出的，美国亨特学院的鸟类学家在知更鸟巢内放了各种3D打印鸟蛋。最终，研究人员发现“入侵者”是因为颜色而暴露的。

狮子面部识别技术

撰文 | 米莉·克尔（Millie Kerr）
翻译 | 黄安娜

研究狮子的科研人员利用一项新的面部识别技术来追踪森林之王。

现如今，即使是森林之王，也难逃闪光灯的“追捕”。今年6月，肯尼亚的狮子保护者成立了狮子身份辨识合作网络（Lion Identification Network of Collaborators，LINC）。该组织的狮子数据库首次配有专门用来分析、识别这些狮子面部照片的面部识别软件。利用LINC，保护组织及其他野生动物研究人员可以更加方便地监视狮子的动向。

过去，研究人员无法深入了解这些动物是如何穿越非洲的，追踪它们总是困难重重。GPS发射器价格昂贵，在动物身上安装时需要给动物注射镇静剂，并且电池1～3年内就会耗尽。除此以外，与斑点、条纹相对容易识别的豹、猎豹、老虎等动物不同，研究人员很难根据狮子身上的斑纹来分辨成年狮子。

在此后几个月里，大约1,000只狮子会进入LINC的数据库。拍到的照片越多，软件就能越精准地识别出不同的成年狮子个体。通过定位狮子的踪迹，保护者能更清楚地了解狮子在何处配对、觅食、饮水，还可以探索人类扩张行为下狮子种群动态的细微变化。

狮子保护组织的创办人之一斯蒂芬妮·多尔伦雷说，研究人员不需靠近狮子来拍照，在1,000英尺外的地方也可使用闪光灯进行拍摄。有时候，照片中还会出现一些误入镜头的“不速之客”，它们会像最活泼的狮子一样，在仓皇逃跑前回头瞅瞅“追捕者”。



LINC软件可通过扫描面部特征将狮子个体与照片相匹配。

话题五
新能源开启新世纪

石油资源的利用遭遇到了难题：能够很容易开采出来的石油资源已经越来越少了，人类社会不得不使用更昂贵的设备，加入更复杂的化学剂，以及投入更多能量去开采那些不怎么容易开采的石油——且不说燃烧化石燃料是大气中二氧化碳含量升高的主要原因。我们是时候将目光从石油身上移开了。从地热能到风力发电，从太阳能电池板到新型锂电池，从纤维素乙醇到细菌炼油厂，这些新能源也许还不算完美，却为我们带来了延续的——用时髦的词来说是可持续的——希望。

灌木丛中的绿色黄金

撰文｜丽贝卡·伦纳（Rebecca Renner）
翻译｜冯志华

生物燃料是未来能源的发展趋势之一，但面临着原料供应短缺，生产效率不高等诸多问题。非洲的麻风树种植基地或许能解决这些难题，将成为能源巨头眼中的下一个生物燃料富矿。

麻风树是一种灌木植物，因种子富含油脂，很可能成为生物燃料的理想来源。

数百年来，生活在坦桑尼亚和马里等地的非洲人一直种植麻风树来做绿篱（密植于路边及各种用地边界处的树丛带）。现在，非洲和印度等热带地区的生物柴油公司正在收购土地种植麻风树，期望能从种子中获取燃料。这些公司认为，比起温带的传统燃料作物，从麻风树中提取燃料，对全球环境和经济而言，取得的收益都会更好。

生物质能

生物质能是蕴藏在生物质中的能量，是绿色植物通过叶绿素将太阳能转化为化学能而贮存在生物质内部的能量。通常所说的生物质是指农作物秸秆、林业剩余物、油料植物、能源作物、生活垃圾和其他有机废弃物等。生物质能的优点是燃烧容易，污染少，灰分较低；缺点是热值及热效率低，体积大而不易运输。直接燃烧生物质的热效率仅为10%～30%。

源自玉米与甘蔗的乙醇，以及源自蓖麻、大豆和棕榈油的生物柴油，都已成为可再生能源的主角。一般说来，生物燃料不会增加大气中二氧化碳的含量，因为生物燃料作物在生长过程中吸收的二氧化碳，和它们燃烧时释放的二氧化碳是等量的。

然而，生物燃料面临的诘难之声依旧不绝于耳。玉米、蓖麻和大豆既是粮食，亦可用于制造生物燃料，但它们价格昂贵，又需要劳动密集生产，一旦用于产油，可能会威胁到粮食供应。



英国生物柴油公司**D1 Oils**在赞比亚种植的麻风树幼苗——这只是如火如荼的麻风树种植“运动”的一部分，这种灌木耐干热，可用于提炼生物燃料。

麻风树则不然，它不但具有生物燃料的优点，而且全无粮食作物的缺憾。这种植物适应干热的天气条件，因此不太可能威胁到热带雨林的安危；从麻风树中提取的油料不能食用，人们无须在粮食与燃料间进行艰难的权衡。澳大利亚麦考瑞大学战略管理学教授约翰·马修斯指出，位于热带地区的许多发展中国家，有大量贫瘠的半干旱土地可种植燃料作物，这些国家的劳动力也相对廉价。他认为，用麻风树等植物来提炼生物燃料“是使南半球摆脱贫困，实现工业化的最佳选择”。他还提倡大规模种植此类植物，以帮助印度等扩张中的经济体实现能源独立，并推进非洲欠发达国家的燃料出口。



一些品种优良的麻风树果实含油量可高达40%。

马修斯的预言可能很快就会成为现实。英国生物柴油公司D1 Oils已经在斯威士兰、赞比亚及南非建立了种植园，还在印度成立了合资企业，进行麻风树的种植，目前总面积已高达15万公顷。D1 Oils公司还打算让种植面积翻番。荷兰生物柴油设备制造商BioKing在塞内加尔的种植业也在热火朝天地进行。中国政府也已制定了宏伟的计划。德国技术转移咨询师、麻风树专家赖因哈德·亨宁甚至称："目前麻风树油还无法大量出产，因为大家都在争抢麻风树种。"

除了建立种植园外，麻风树的支持者正在着手进行最佳产油品种的鉴别、选择和培育。亨宁发现巴西的麻风树种子含油量达40%——与蓖麻相当，大约是大豆的两倍，后者含油量仅为18%。此外，印度尼西亚还有一种较矮的麻风树，非常易于采摘。

D1 Oils公司的农学主管亨克·朱斯解释说，找到适合该植物生长的最佳条件是相当重要的。因为关于麻风树，目前除了诸多传说之外，并无太多实实在在的相关科学信息。"我们已了解这种植物环境适应性很强，而且比较耐旱。但是如果以为，在沙漠中种植这些神奇的植物便可收获黄金"，这就相当危险了，足以威胁到社会和经济的可持续发展。他还指出，麻风树和其他作物一样需要田间管理。D1 Oils的种植园内，在

不与粮食作物争夺资源的情况下，农夫们尽可能对麻风树进行田间管理，使用一流的农业技术来剪枝、灌溉、施肥。

但是，荷兰瓦格宁根大学的农业专家雷蒙德·容沙普表示，大规模种植麻风树，在功能上类似于运转有序的农场，这就存在与粮食作物争夺水源和土地的问题。容沙普领导的一项研究课题是在不同类型的麻风树中找到最适应某种生长环境的树种，令产油量最大化。对一些小规模种植方式，比如树篱围作或与其他植物间作，他抱有充足的信心。这一方式已经在肯尼亚和马达加斯加的数个项目中得到应用。在那里，他们把麻风树和香草并排种植在一起。

亨宁认为，麻风树从小规模种植开始实属明智之举，因为生物燃料的价格尚无法与石油竞争，后者还处于相对较低的水平，所以麻风树种植最好能与当地计划相适应，如改善乡村生计和基础能源服务等。这些小规模项目，已在坦桑尼亚的部分地区建立起了紧密而专业的框架体系。孩子们可在学校中学到关于麻风树的知识。随着燃料价格的上涨，麻风树种植规模的逐渐扩大，朱斯相信，这种野生灌木将会变成一种“可持续发展的商业作物”，并成为未来的一种能源。

传统生物燃料的缺憾

麻风树不会带来传统生物燃料作物所带来的那些负面影响，这使一些能源专家非常兴奋。传统生物燃料虽然被冠以“可再生能源”“促进能源独立的有效方法”等美名，但它们的种植成本相当高昂，需要密集的农业劳动进行生产，会威胁到粮食供应。例如美国力争实施的乙醇计划就已经导致了玉米价格的上涨。

传统燃料作物的种植也可能会危害环境。欧洲增加了对东南亚棕榈油（生物燃料）的需求，结果却适得其反——环境状况没有改善，反而不断恶化。因为东南亚的农夫为了开辟新的种植园，砍伐了热带雨林，翻出来的富含碳的泥炭土释放了数百万吨的二氧化碳。

纤维素乙醇潜力巨大

撰文 | 史蒂文·阿什利（Steven Ashley）
翻译 | 贾明月

生物燃料的前景被人们所看好，但是在生产过程中却遇到了很多问题。比如，用来生产生物燃料的原料需求量很大，导致食品价格飞涨，甚至有一些农民砍掉了雨林的原生植物，用来种植燃料作物，可谓得不偿失。一些公司希望从木屑和农业废料中得到更环保的乙醇。

就在不久前，还有许多研究人员打赌说，源自生物的可再生燃料将引起能源领域的下一场巨变。把玉米、甘蔗和大豆转换成乙醇等柴油机可用的燃料，能够在减少二氧化碳排放量的同时，减轻各国对石油进口的依赖。不过这一初生的产业已经遇到了挑战。生物燃料的需求量不断上升，不仅导致食品价格飞涨，还让一些农民砍掉了热带雨林的原有植物，用来种植燃料作物。最近一些研究报告称，某些生物燃料的生产过程要么无法得到净能收益，要么释放的二氧化碳会比使用生物燃料节省下来的排放量还要多。


GASO



大量资金不断涌入这一领域，希望能够找到避开这些问题的方法。美国马萨诸塞大学阿默斯特分校的化学工程师乔治·休伯说，许多生物乙醇加工方法的试验原型，并不着眼于农作物的淀粉、糖类和脂肪，而是打起了木质纤维素的主意，这种纤维素可以让植物的细胞壁变得更加坚固。尽管分解纤维素不像分解糖类和淀粉那样容易，需要使用一系列由酶催化的复杂化学反应，但是用纤维素来制造乙醇，可以拓宽生物燃料

的原料选择，把农业废料、木屑、柳枝稷等无法食用的植物原料也利用起来。不过，目前还没有一家公司开发出成本划算、适合工业生产的纤维素燃料生产方法。

美国加利福尼亚大学河滨分校的化学工程师查尔斯·怀曼报道说，科学家和工程师正在探索许多可能的生物燃料加工方法。他在马萨诸塞州剑桥市创办了麦斯科玛公司，目前在纤维素乙醇加工研究领域居领先地位。他指出："这条路上不存在捷径。"对生产方法不断地进行细微调整，需要耗费大量的时间和金钱。休伯提醒说："石油公司认为，一种工业生产方法要完全实现商业化，至少需要10年时间。"他为威斯康星州麦迪逊市的另一家生物燃料公司——绿色能量系统公司提供了一些热化学技术。

美国伊利诺伊州沃伦维尔市的Coskata公司正在探索一种颇有前途的生物燃料制造方法，可以避开用来分解纤维素的复杂酶促化学过程。这家公司成立于2006年，引起了投资界和企业界的广泛关注（通用汽车公司最近还收购了该公司的少量股份）。该公司负责工程及技术研发的副总裁理查德·托比介绍说，他们研制的加工方法中，一种传统的气化系统会利用热量把多种原料转化为合成气，即一氧化碳和氢气的混合气体。这种处理多种植物材料的加工能力，大大提高了整套加工方法的灵活性，因为不管当地适宜种植哪一种作物，这种方法都能加工处理出生物燃料。

传统工艺使用热化学方法将合成气转化为燃料。托比说，由于增加了气体压缩的费用，这种方法会使燃料加工成本显著上升。Coskata公司另辟蹊径，选用了生物化学方法。他们的"秘密武器"是5种能够排出乙醇的细菌株，这些厌氧生物会大量消耗合成气来产生乙醇。这些细菌株是俄克拉何马大学的微生物学家拉尔夫·坦纳几年前在一块沼泽的缺氧沉积物中发现的。



让细菌在其中生存的生物反应器，被托比称为“Coskata加工方法的灵魂”。他解释说：“我们的细菌并不是在一大池发酵的糨糊里寻找食物，而是等我们把气体输送过去。”该公司使用的是像头发一样细的塑料制过滤麦管。合成气从麦管中流过，水则被泵到麦管外侧。气体透过选择性渗透膜扩散到管外，为覆盖在外表面上的细菌提供食物，同时保持管内的干燥。托比说：“利用这些麦管，我们完成了非常高效的质量传递，这是不容易做到的。数据显示，在最理想条件下，我们可以把气体中90％的能量转入燃料之中。”细菌食用气体之后，会将乙醇排入周围的水中。标准的蒸馏或过滤技术就可以从水中提取出乙醇。

纤维素燃料的研究人员估计，全面商业化后，这种方法制造的乙醇每加仑售价不会超过1美元，比目前生物乙醇每加仑2美元的批发价还要便宜。美国阿贡国家实验室的独立调查人员评估了Coskata方法的能量投入产出比，发现在最理想的条件下，最终产出的燃料中所含的能量，可以达到生产燃料时消耗能量的7.7倍。

这家公司计划在密歇根州米尔福德的通用汽车试车跑道附近建造一个年产量为4万加仑的试验工厂，还希望在未来能建成一个年产量达1亿加仑的大型工厂。Coskata公司也将迎来一些竞争对手。美国阿肯色州费耶特维尔市的生物工程资源公司已经在开发一种类似的三步式加工方法，同样使用细菌来消耗合成气。这些细菌是阿肯色大学退休化学工程

师詹姆斯·加迪分离出来的。考虑到类似的加工方法所蕴藏的巨大优势，植物纤维素也许能够提供大家都希望看到的、更加环保的乙醇燃料。

去太空采集太阳能

撰文｜蒂姆·霍尔尼亚克（Tim Hornyak）
翻译｜kingmagic

在地球外层空间采集太阳能并将其传输回地面是一个大胆的想法。尽管耗资巨大，日本科学家仍毅然踏上了空间太阳能阵列的探索之旅。

在经典日本长篇动画《机动战士高达》最近播放的新一部中，化石燃料枯竭，地球因能源短缺陷入全球性动荡，迫使人类转而依赖空间太阳能基站。虽然这个科幻故事的年代被设定在2037年，但日本科学家正在开发空间轨道能量基站必需的硬件设备，以期获得一种可再生的清洁能源。他们计划花20年时间研制出一座原型基站。



捕捉光线：日本航空研究开发机构的铃木拓明，正在研究如何用激光将太阳能传至地面。图中他正从日本宫城县角田宇宙中心的一台激光接收站的开口向外张望。

长期以来，利用太阳能电池板从外层空间搜集能量传输回地面的想法，总是因为成本太高和不切实际被一再否决。然而在目前全球能源紧张、环保呼声日渐高涨的大背景下，这个“不切实际的”计划又在日本抬头。2007年，大阪激光技术研究所的研究人员用阳光作为能源，产生了功率高达180瓦特的激光。2008年2月，北海道的科学家开始对一种能量传输系统进行地面测试，这种设备可以用微波的形式将能量从外层空间传回地面。



太阳能激光和微波能量传输这两个研究项目，是一项大胆计划的两大支柱。该计划由隶属于日本航天局的日本宇宙航空研究开发机构（JAXA）资助，旨在实现空间太阳能动力系统。确切地说，这家机构的目标是：在2030年以前，将一个太阳能发电基站送入地球静止轨道，它将向地面传输功率为100万千瓦的能量，这相当于一座大型核电站的产能率。这些能量将以微波或激光的形式向下传输，在地面上被接收并转换成电能，然后并入商用电网，或以电解氢的方式存储起来。

JAXA高级任务研究中心的铃木拓明说：“我们的研究动机很简单，就是为化石燃料耗竭和全球变暖寻求一个可能的解决之道。”大约有180位来自日本各主要研究机构的科学家参与这项计划，铃木拓明就是其中之一。JAXA称该计划的潜在优势非常明显：在外层空间阳光辐射能量比地面要高5～10倍，空间基站效率更高；空间基站可以一天24小时工

作，不受天气影响；整个系统还非常清洁，不产生任何废料和污染，而且安全。抵达地球表面的能量强度约为每平方米5千瓦，大约是中纬度地区晴朗夏日正午阳光照射功率的5倍。尽管科学家称这么大的功率对人体无害，但是接收区还是会选在海上，且周围会设置警戒线。

在日本宫城县的一座研究设施中，铃木拓明和JAXA的研究人员正测试用一束800瓦的光纤激光照射500米外的一个接收站。一面只反射波长为1,064纳米的光波的小镜子，把这束激光导向一块实验太阳能电池板。（铃木拓明选择该波长激光的原因是，这种光更容易穿透地球大气层，能量损失最大不超过10%。）这项任务的关键在于寻找能有效将阳光转变为激光的物质。含钕和铬的钇铝石榴石陶瓷材料是目前最有希望的候选材料。

基础科学研究只是这项挑战的一部分。测试微波和激光系统都要求具备在外层空间建造超大形结构的能力：薄膜聚光镜、太阳能电池板和一台微波发射器展开后将宽达数千米，重10,000吨。总重5,000吨的100个激光阵列单元将长达10千米。地面的微波天线也将有2千米长。

太空能源安全吗？

从空间轨道能量基站的概念第一次被提出以来，几十年间，美国对这一技术的态度几经反复。自20世纪70年代中期原油恐慌之后，NASA就开始研究空间太阳能基站，但这一项目最终在2001年被搁置。随着能源价格迅速上涨，美国对这种技术重新产生了兴趣。在2007年10月公布的一项可行性研究中，美国国家安全局空间事务办公室敦促美国政府立刻研发空间太阳能动力系统。研究报告称：“地球静止轨道上宽仅一公里的环带内每年接收到的太阳能，就相当于目前地球上所有已知的可开采石油储量产能的总和。”

整个项目所需的资金是一个天文数字，也许将达到数百亿美元，不过铃木拓明及其同事说，他们不考虑成本因素。他说：“如果我们不先掌握基本的技术，我们就无法知道这个项目是否行得通。我们的目标是生产稳定、便宜的电能和氢燃料，争取把价格控制为每度电6.5美分。”这样的价格将与今天传统发电站的电价一致，也许会增加该项目的商业吸引力。

考虑到目前的技术手段，只有依靠世界各国航天机构的精诚合作，才有可能将大型装置送入外层空间。不过铃木拓明认为，随着外层空间

潜在军事价值日渐增加，参与太空竞赛的国家都试图独立发展自己的空间技术。“如果JAXA、NASA和欧洲空间局能够通力合作当然更好。”所有这些听起来就像是一幕太空歌剧的序曲。

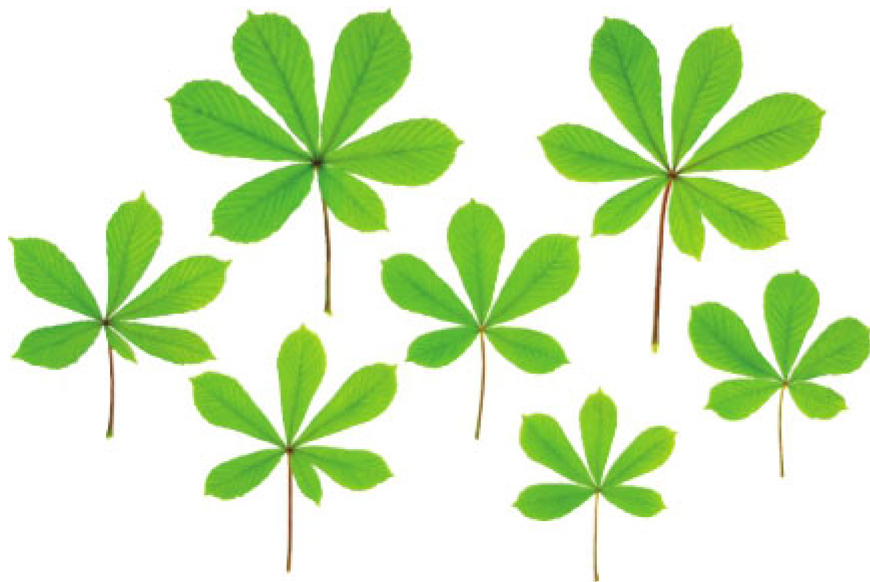


叶绿素发电

撰文 | 迈克尔·莫耶（Michael Moyer）
翻译 | 王栋

光合作用是植物、藻类和某些细菌，在可见光的照射下，经过光反应和暗反应，利用光合色素，将二氧化碳（或硫化氢）和水转化为有机物，并释放出氧气（或氢气）的生化过程。近年来，光合作用量子层面的细节研究成为一个重要的方向，它能够帮助人们制造更好的光电池。

大自然的天然光电池——植物，能通过光合作用将阳光转化为能量。如今，有关光合作用如何利用量子系统奇异行为的一些新细节逐渐显露出来，或许能够带来捕捉可利用阳光的全新技术。



所有进行光合作用的有机体，都利用它们细胞内的一种蛋白质“天线”来捕捉入射光，将光转化为能量，并导入反应中心——关键的触发分子，释放电子让化学反应得以进行。这些“天线”必须保持一种微妙的平衡：它们必须拥有足够的尺寸来尽可能多地吸收阳光，又不能生长得过大，以至于损害自身向反应中心输送能量的能力。

这里就需要量子力学起作用。量子系统中可以存在叠加态，即许多

不同的态同时叠加，或者说混合在一起。此外，这些态能够互相干涉——在某些地方相干增强，在另一些地方又相互抵消。如果进入“天线”中的能量能被精确分解为一些叠加态，并且与自身相干增强，能量就有可能以接近100%的效率被传输至反应中心。

美国加利福尼亚大学伯克利分校的化学家莫汉·萨罗瓦尔最近进行的一项研究表明，在某种能进行光合作用的绿色细菌中，一些“天线”确实做到了这一点。此外，附近的天线还会分离天线间的入射能量，这样不仅产生出了混合态，而且这些混合态还发生了（量子意义上的）“远距离”纠缠。加拿大多伦多大学的化学家格雷戈里·斯科尔斯在一项即将发表的研究中证明，一种海藻也有类似的本领。有趣的是，虽然在室温下，而且存在于复杂的生物系统中，这些量子纠缠态却相当“长寿”。相反，在物理实验室里进行的量子实验中，哪怕最微小的干扰也会破坏量子叠加（或叠加态）。

这些研究首次得到了生物有机体利用奇异量子特性的证据。研究人员说，通过对微生物学和量子信息学这一交叉领域的研究，将来也许能制造出“生物量子”太阳能电池，它的效率会比目前的光伏器件更高。



细菌炼油厂

撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 贾明月

科学家对大肠杆菌的基因进行了改造，使之能够消化纤维素，生产出生物柴油。大肠杆菌成为了名副其实的“炼油厂”。

经常导致食物中毒的头号元凶，有一天或许会成为供运输使用的燃料的一个重要来源。科学家使用合成生物学工具改造了大肠杆菌（一种常见的肠道细菌）的基因，使它能够消化植物，生产柴油和其他碳氢化合物。

美国加利福尼亚大学伯克利分校的化学工程师杰伊·基斯林说，大肠杆菌之所以受到遗传工程的青睐，是因为它被研究得非常透彻，耐受遗传改变的能力也很强。科学家已经对大肠杆菌进行了改造，使它们能够生产药品和化学品。现在，基斯林和他的同事已经把这种生物改造成了生物柴油提炼厂。

这些科学家对大肠杆菌进行遗传修饰，使它们能够消化糖类，分泌出发动机可以直接使用的生物柴油。这种柴油会自动漂浮到发酵池顶部——不像用水藻生产生物柴油那样，还需要蒸馏、提纯或弄碎细胞才能提取出油。

为了最大限度地减小生物燃料对食物供应造成的冲击，这些研究者又从其他能够分解纤维素的细菌种群中找出了一些基因。（纤维素是构成植物大部分主干的强韧材料，不过人类无法消化它们。）这个研究团队在这些酶基因中加入了一些额外的遗传编码，指导改造后的大肠杆菌细胞分泌这些酶。接下来，分泌出来的酶将植物纤维分解并转化为糖，供改造后的大肠杆菌消化，最终生产出柴油。

2010年1月28日的《自然》杂志介绍了这一生产过程，它非常适合于生产碳原子数量不低于12的碳氢化合物——除了柴油之外，还包括航空煤油。不过，它目前还无法生产汽油之类的短链碳氢化合物，这也是基斯林正打算攻克的一道难关。毕竟，美国一年烧掉的汽油多达5,300亿升，而柴油仅有大约1,700亿升（生物柴油仅占75亿升）。

把大肠杆菌改造成炼油厂，打这个主意的并非只有基斯林一人，有几家公司也正在积极推进这种微生物炼油的商业化。美国哈佛医学院的遗传学家兼技术开发人员乔治·丘奇解释说，这是因为大肠杆菌“生长迅速，比酵母快了3倍，更是比大多数农用微生物快了100倍”。



细菌产油：大肠杆菌经过基因改造之后可以将植物纤维素分解为糖，再把糖转化成发动机可以直接使用的生物柴油。



当然，基斯林的大肠杆菌要想提高产油效率，还有许多工作要做。基斯林指出：“我们现在生产的燃料只占糖理论最大产能量的10%。想实现商业化，我们就要把这一数字提高到80%～90%。此外，我们还需要设计出大规模量产的工序。”在创造这种新生物的过程中，他们还会移除关键的代谢通路，让它们无法在自然界存活。

困难不小，但前景光明。基斯林已经进行过估算，如果以一种常见的亚洲高草为原料，即使是在过去，也只需要用4,050万公顷的土地来种植这些草（约占美国耕地总面积的1/4），就可以生产足够满足美国全国交通运输需求的燃油。

让风力稳定供电

撰文｜戴维·别洛（David Biello）
翻译｜王栋

利用风力发电有一个不可回避的问题，即如何获得稳定持续的电能？科学家们正在为此而努力。

利用风力发电有一个困难——无法保证始终有风，而电力中断则是用户通常无法容忍的。但是，也许有一种方法能保证风电的稳定供应。其中的关键是海风，还有许多电线。



根据从美国东海岸的缅因州、佛罗里达州等11个监测点发来的风力

数据，美国特拉华大学无碳能源整合中心负责人威尔莱特·肯普顿和同事分析了风力的分布模式。他们发现，把设想中的分布在2,500千米东海岸沿线的近海风力发电涡轮机用电缆连接在一起，就能保证稳定的电力供应。实际上，根据他们的模型，没风发电的情况根本不会发生。肯普顿先前的一项研究表明，仅依靠近海的风能，就能满足美国沿海各州的电力需求。

当然，美国现在还没有一台近海风力涡轮发电机，因此这一研究还处于理论设想阶段。按照现有规划，总装机容量约为20亿瓦特的近海风力涡轮发电机将会出现在美国东海岸，它们将以独立运行为主。此外，人们铺设过的最长高压直流电缆也只有580千米。这些研究人员估计，在他们的计划中，电缆将花费14亿美元，占设想中11个近海风力发电厂总预算的15%。他们的分析报告发表在2010年4月5日的《美国国家科学院院刊》上。

风能

空气流具有的动能称风能。空气流速越高，它的动能越大。用风车可以把风的动能转化为有用的机械能；而用风力发动机可以把风的动能转化为有用的电能，方法是透过传动轴，将转子（由以空气动力推动的扇叶组成）的旋转动力传送至发电机。风能为洁净的可再生能量，风能设施日趋进步，生产成本降低，在适当地点，风力发电成本已低于发电机。风能的缺点包括风速不稳定，产生的能量大小不稳定，受地理位置限制严重以及风能的转换效率偏低等。但是随着技术的进步，风能还有很大的发展空间。



植物：未来能源工厂

撰文｜戴维·别洛（David Biello）
翻译｜高瑞雪

科学家在设法改造植物，让它们自己生产生物燃料，从而解决人类的能源问题。

多年来，研究人员一直试图找出用植物生产生物燃料的最佳途径，但他们面临一个根本性问题：光合作用，即植物把阳光转换为化学能存储起来的过程，是非常低效的。植物仅能把1%～3%的太阳能转化成碳水化合物，这就是人们必须占用大量土地用来种植玉米、生产乙醇的原因。说实话，这种生产生物燃料的方式确实不怎么样。不过，植物也有许多优点：它们能直接吸收大气中的低浓度二氧化碳；每个植物细胞受损时都可以自我修复。科学家开始进行新的尝试，提高光合作用的效率，制造出更环保的燃料。美国高级研究计划局能源项目组（ARPA-E）迄今已经资助了10个这样的项目，其中大部分是利用基因工程调节植物的生长、天然色素的合成等。最大的一个项目是由佛罗里达大学接手的，研究经费超过600万美元，目标是改造松树，使之产生更多的松脂——一种潜在的燃料。加利福尼亚州戴维斯市的阿卡迪亚生物技术公司在开展另一个项目：诱导柳枝稷等生长速度较快的草本植物产生植物油，这种尝试尚属首次。



未来，科学家可能会培育一些黑色植物，它们能够吸收所有入射光，或是制造一种植物，它能在光合作用的不同阶段中利用不同波长的光，而不是像现在这样一直使用同一波长的光。经过改造的、用于生产生物燃料的植物甚至会有更小的叶片，这样就能减少它们自身的能源消耗，或者这些植物不会把能量以糖的形式储存起来，而是直接把能量转化为烃类分子，供人类利用。

参与这类研究的科学家有一个绰号——“佩特罗”（PETRO，plants engineered to replace oil的首字母简写，意为改造植物、代替石油），他们将不得不面对的挑战是，用于农业灌溉的水资源越来越少，公众对基因改造过的生物体也不放心。另外，光合作用替代计划还面临其他方面的竞争，比如ARPA-E自己的电燃料计划，该计划旨在诱导微生物产生烃，或者研制人造树叶，用太阳能电池把水分解成氢和氧，得到气体

燃料。对于植物来说，仅仅是绿色，已经不够了。



空中发电站

撰文 | 亚当·皮奥里（Adam Piore）
翻译 | 王栋

将发电站建在云层之上？这并非异想天开，波音公司的工程师已经为这个构想申请了专利，或许未来我们就能用来自云层之上的电能洗上一个热水澡了。

身为美国西雅图市的老住户，供职于波音公司的工程师布莱恩·蒂洛森经常仰望天空中密布的乌云而思索：在这个日照稀少的城市里，人们怎样才能有利用太阳能的希望呢？而太阳能的利用，正是波音公司的子公司Spectrolab的主要业务方向。三年多前，他终于得到了答案：为什么不把发电站送到云层上面呢？

这个构想已经申请了专利，而且即使在日照最充足的地区也很适用，因为即使不考虑雾气和云层的阻挡，也有20%～30%的能量在低层大气中损失掉了。在技术上，这对于Spectrolab公司是个挑战。该公司生产的高效率太阳能电池利用反射器将阳光强度增强400～800倍。这种电池主要用于人造卫星，而卫星的运行轨道远高于大气层，因此不存在阳光能量被低层大气损耗的问题。但在2008年，蒂洛森开始探索一种途径，以便用这类电池为驻扎在阿富汗偏远地区的美军提供电能。在那些地方，运输费用高昂，要将发电机所用的柴油送到目的地，每加仑的运费就高达700美元。

蒂洛森意识到，一座飘浮在空中的发电站能解决这个问题，用同样的方法也能将太阳能输送给西雅图市区。“你只需要将它送到数千英尺的高空，就能得到源源不断的电能。”在蒂洛森的构想中，安装着太阳能电池的飞艇飘浮在高空，垂下数千英尺长的轻质导线与地面基站相连。美国陆军已经在测试一种“战场监控”飞艇了，它通过与地面连接的电缆来供电。波音公司的构想与此类似，只不过电力是向下输送。

波音公司还未制造出原型设备，因为该公司的工程师还在等待一些低成本技术的出现，蒂洛森表示。目前，这种飞艇需要大量的维护工作——每星期必须充一次氦气，还要定期维修外壳。他说：“在实际应用上，飞艇的使用并不是想象的那么简单，至少陆军使用的那些是这

样。”随着时间的推移，更优良的密封剂和建造材料会使飞艇的外壳更耐用，降低维护成本，这将会提升它们的经济适用性。



利用病毒发电

撰文｜卡丽·阿诺德（Carrie Arnold）
翻译｜阳曦

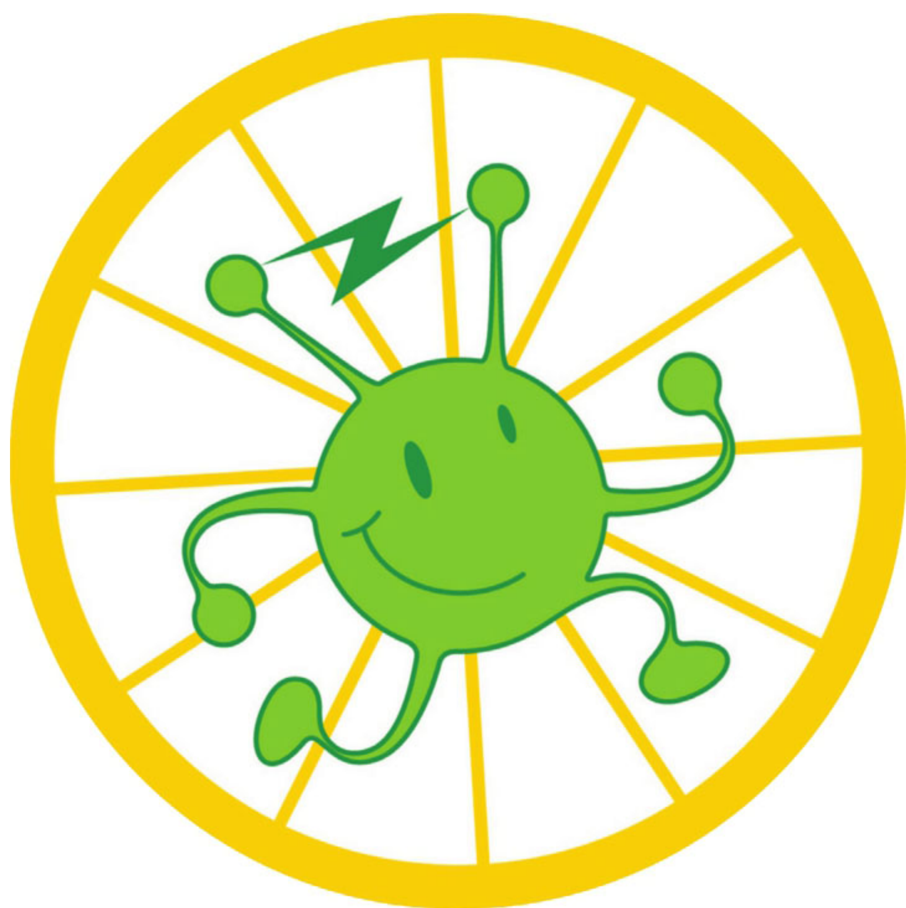
当你外出的时候，还在为你的手机可能没电而烦恼吗？或许有一天，我们拿出一块病毒膜贴在手机上，就能为手机供电，人们再也不会为手机没电而烦恼了。

在寻找环保能源的过程中，科学家们关注的可以提供能量的生物体型越来越小：先是玉米，然后是水藻，现在轮到细菌了。美国加利福尼亚大学伯克利分校的科学家走得更远，他们找到了利用M13噬菌体（一种侵染细菌的病毒）发电的方法。虽然病毒产生的能量很小，不过有朝一日，它也许会帮我们用上可以边走路边充电的手机。

这种设备的核心原理是压电效应，可以将指压之类的动作产生的机械能转化为电能。大多数手机话筒都是压电式的，将声波的能量转化为电信号传播出去，被叫手机再将电信号转回声音。加利福尼亚大学伯克利分校的生物工程师李承旭说，这些压电设备的问题在于它们都采用铅、镉一类的重金属材料。很多生物分子如蛋白质和核酸也具有压电性——受压时它们会产生电力，而且它们没有传统设备的毒性。

李承旭和同事发现，铅笔形状的M13噬菌体满足全部要求。这种病毒只感染细菌，所以对人类是安全的。而且它造价低廉，获取容易：一瓶受感染细菌中就能提取出数百万M13噬菌体。形状也很重要，M13很容易自己组合起来，形成薄片。为了提高M13的发电性能，李承旭的研究组通过加入4个带负电的谷氨酸盐分子，改变了M13蛋白质外壳的氨基酸含量。研究者们将病毒形成的薄片一层层叠起来，增强压电效应。

科学家将1平方厘米的病毒膜贴到一对金电极上，并在其中一个电极上按压，病毒膜产生的电能点亮了液晶屏，显示出数字1。李承旭说，虽然产出的电量还很小，只有400毫伏，大约相当于一节AAA电池的四分之一，但这一结果表明，生物材料的压电效应可以被人类利用。



福岛核电站的归宿

撰文｜戴维·别洛（David Biello）
翻译｜Jeremy

2011年日本大地震令日本福岛第一核电站遭受重创，这座核电站未来的命运如何？是将继续运转，还是成为一座永被封存的核遗址？

切尔诺贝利核事故的25年后，事故遗址仍须用数吨重的混凝土“石棺”将潜藏在地下室的放射性熔融核燃料封死，以免工作人员和游客受到核辐射。形成鲜明对比的是，美国三里岛核事故发生30多年后，紧挨着熔毁反应堆的另一座反应堆仍在正常运转，核电站周围甚至满是民居。



这两个截然不同的场景——继续运转和废弃封存，为新近加入“核事故俱乐部”的成员——福岛第一核电站提供了两种归宿。日本这座核电站

的6座反应堆中，至少有3座都已部分熔融，具有同样遭遇的还有两个用于贮存核废料的燃料池（共有7个）。“既然你修建了几座反应堆，而且很密集，那你就应该准备两三种方法来关闭它们。”库尔特·科勒说。他是美国西图工程公司分管关闭和拆毁业务的副总裁。

福岛第一核电站的命运，最终将取决于核燃料的熔毁程度、电站及附近地区所受污染有多严重，以及日本政府愿意花多少钱来收拾这个烂摊子。运营这家核电站的东京电力公司估计，至少有一座反应堆的核燃料已经完全熔毁。如果真是这样，核燃料棒也许已经熔化成了“核燃料潭”，那就同切尔诺贝利核电站的情况类似，必须建造一个大型的钢结构容器，将这些核燃料密封在里面。此外，放射性污染已经大面积扩散，波及范围的半径达到30千米，甚至更远的一些城镇都受到污染。例如福岛县的饭馆村，它所受污染的程度已经严重到要么废弃，要么就得将所有土壤都更换成新土的程度。在污染程度与此相似的城镇中，大概有80,000名居民不得不疏散。

日本政府已经决定拆毁这座核电站。东京电力公司希望，如果可能的话，能够重新启动未受损坏的反应堆。不幸的是，这个愿望无法实现：如果核燃料真的已熔成“潭”的话，辐射水平就可能太高，工人无法靠近来完成拆除作业，必须像切尔诺贝利核电站一样被永久封存。与那些再未能回到禁区内的乌克兰和白俄罗斯人民一样，福岛第一核电站附近城镇的居民可能再也不能回到自己的家乡，当地的农民和渔民也无法重操本行。总之，在日后多年里，福岛核电站周围地区可能都会是禁区，最后成为“核事故公园”名单上的一个新成员——同时也是核能风险的又一个警示。


2
1

埋葬“来自地狱的元素”

撰文 | 戴维·别洛（David Biello）
翻译 | 薄锦

钚，是核工业的重要原料之一。对待这种“来自地狱的元素”，科学家认为应当对其进行掩埋，并且要十分谨慎。

地球上绝大多数的放射性钚均为人工合成——总计约500吨，足够制成10万枚核武器。其中有不少是美国与苏联当年开展核军备竞赛时遗留下来的。此外，核能发展产生的核废料也与日俱增。

近日一些科学家主张，将钚埋入地下是解决这批有安全隐患问题库存的唯一合理方案。2012年5月份的《自然》杂志中刊登了一群物理学家和环境学家的看法，他们建议，由英国牵头研究如何利用陶瓷芯块对这一“来自地狱的元素”进行固化，并埋于深井内。

钚元素

钚是一种放射性元素，是原子能工业的重要原料，可作为核燃料和核武器的裂变剂。投于长崎市的原子弹就使用了钚制作内核部分。钚的半衰期为24万5千年。它属于锕系金属，外表呈银白色，接触空气后容易锈蚀、氧化，在表面生成无光泽的二氧化钚。钚有六种同位素和四种氧化态，易和碳、卤素、氮、硅起化学反应。钚暴露在潮湿的空气中时会产生氧化物和氢化物，其体积最大可膨胀70%。屑状的钚能自燃。钚也是一种放射性毒物，会于骨髓中富集。因此，操作、处理钚元素具有一定的危险性。

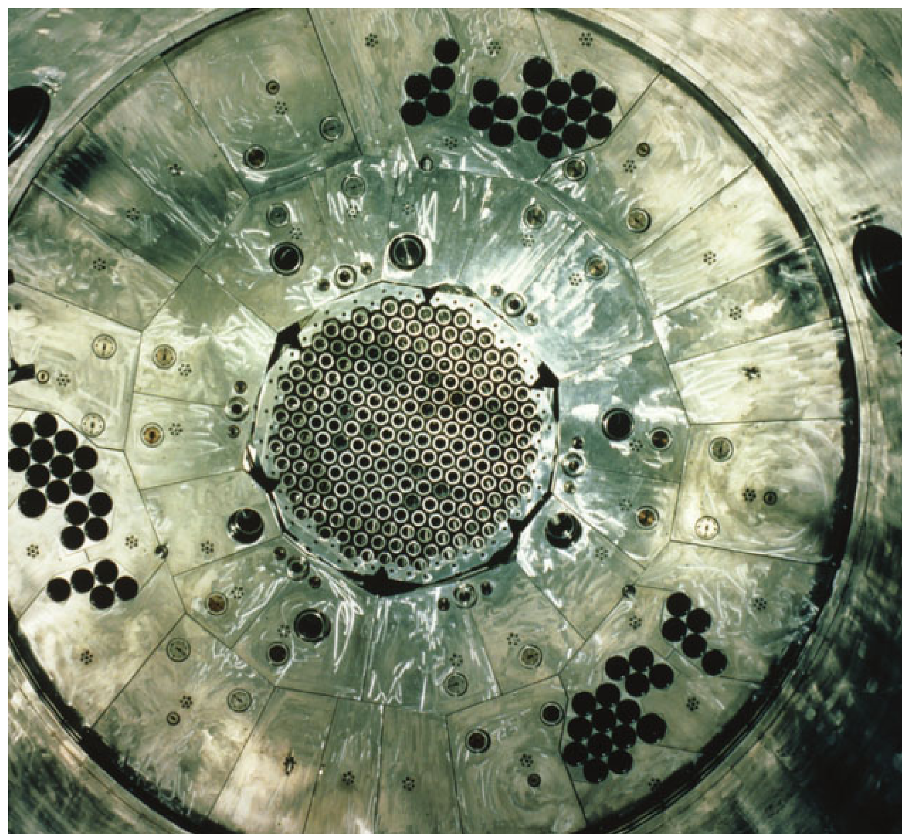
迄今为止，各国一直在寻求其他处理方法。英国似乎有意效仿法日两国，用钚制造一种由氧化铀和氧化钚混合而成、俗称“混合氧化物”（MOX）的核燃料。美国也采用了这一方法：耗资130亿美元，在南卡罗来纳州的制造设施内，将国内的34吨钚制成MOX燃料。尽管此种燃料较之传统燃料更加昂贵，使用起来也不方便。

日本、法国、俄罗斯和美国还将钚作为燃料，用在靠中子诱发裂变的“快中子反应堆”中。问题在于，这种高速反应堆要用高度易燃的液态

金属钠替代水来做冷却剂。而且这种反应堆中仍有放射性物质留存，要解决的问题不过被延后了而已。

那么，这些国家为何不选择更为经济的方案，对钚进行固化处理，然后深埋于地下？这或许是因为，选择掩埋地点会引发政治问题。上世纪80年代美国内华达州的尤卡山被划定为放射性残渣永久贮存场，用于核废料的处置，现在看来似乎并不太合适。美国政府问责局在2012年4月份的报告中公布的拆除老旧核反应堆、处理残存放射性废料的全面财务规划，同样不是什么上策。

对钚的处理，正如某些科学家所言，要“如同对待核武器原料一样谨慎”，而问题在于，很少有人会愿意花钱把它埋在靠近自家后院的任何地方，哪怕是埋得很深。



放射性：用钠作冷却剂的快中子反应堆核心。

话题六
智能时代智慧地球

通过对全世界的信息进行分类、整合、索引和开发，一大批科技公司在过去20年中的数据化浪潮中脱颖而出，科技企业的版图和人们的生活在这段时间都发生了深刻的变化。展望计算行业的未来，科学家、工程师和行业分析师都预测，将会有超过500亿部设备在未来几年连接成网，互联网、移动互联网和物联网为新的尝试和服务奠定了基础，人类对宇宙、生命、自身的认识都有可能因为对这些数据的利用而出现革命性的变化。认知计算正让人工智能迅速走进现实。

认知计算时代正在到来

撰文 | 刘洋

认知计算正让人工智能迅速走进现实。

通过对全世界的信息进行分类、整合、索引和开发，一大批科技公司在过去20年的数据化浪潮中脱颖而出，科技企业的版图和人们的生活在这段时间都发生了深刻的变化。展望计算行业的未来，科学家、工程师和行业分析师都预测，将会有超过500亿部设备在未来几年连接成网，互联网、移动互联网和物联网为新的尝试和服务奠定了基础，人类对宇宙、生命和自身的认识都有可能因为对这些数据的利用而发生革命性的变化。

但在迎接新的时代之前，还有一个关键问题没有解决：当数据的规模和种类出现爆炸式的增长时，我们用什么样的方式才能更高效地利用这些数据？因为随着数据呈现出几何级数的增长，不但原有的数据分析能力已显不足，原有的数据分析方式也捉襟见肘。对于这个问题，不同科技公司都在给出自己的答案，而IBM公司在这个问题上的答案就是“认知计算”。

认知计算是对新一代的智能系统特点的概括。它的特点可以概括为三点：自然的人机接口、学习能力、探索或求解问题的能力。

在发展思路上，既包括设计出非冯·诺依曼体系的计算机从而更有效地进行认知所需的运算，也包括在功能层面上让现有的系统具备人类的某些认知能力，从而能够出色完成特定的认知任务。对IBM公司而言，故事的起点就是沃森。

2011年，这台没有接入互联网、只是依靠内部存储的大量数据和独特逻辑处理程序工作的计算机，在智力竞猜电视节目《危险边缘》中胜出，战胜了所有人类挑战者，一下子就让认知计算获得了公众的广泛认可。更让人意外的是，沃森的主体设计思路没有采用火热的深度计算概念，而是更接近人工智能先驱马文·明斯基所提出的心智社会理论。

心智社会理论认为，人类的心智活动和任何自然进化出的感知系统，在本质上是由无数普通智能体的单独简单进程组合成的大社会，并

通过高度关联的互动机制涌现出各种心智现象。“有什么神奇的绝招使我们看起来具备智能？”明斯基说，“绝招就是无招胜有招。智慧的力量源于广阔的多样性，而不是从任何单一、完美的原理导出。”



IBM公司沃森集团负责人迈克·罗宾

沃森体现的当然就是这种思想。它集成了上百种算法，从不同的维度分析备选假设的证据，了解不同的特征和最后结果之间的关系。它强调记忆胜过强调逻辑，重视相关关系胜过重视因果关系。如果在系统中去掉任何单个算法，在上千个问题的测试集上都不会造成显著影响，因为没有一个算法的影响超过1%。但组合起来，沃森在回答问题时的精度可以达到92%。

更重要的是，这套新的方案可以使沃森在更广阔的领域得到应用，从而对世界多些理性的认识，也可以给人类提供更有用的答案，而快速建立一个可以适用于多个领域的智能系统一直是人类在计算科学中面临的最艰巨挑战之一。所以，在电视节目上取得成功之后，沃森马上被应用到了包括医疗在内的多个领域，这将使我们对世界的很多认识变得更加理性和准确。2014年，IBM公司决定成立全新业务部门——沃森集团。

认知计算在中国也已经有应用。为了解决困扰华北已经有些时日的霾问题，IBM公司在中国启动了绿色地平线计划。这个计划将北京周边的地理信息、公开的空气质量信息、天气信息和污染源信息结合起来，

分析不同的污染源在不同天气状况下对北京空气质量的影响。

这样做的结果就是，当霾发生时，新的系统不但可以给我们做出准确的预警，还能告诉我们采用怎样的临时措施，例如关停哪些工厂、让哪些工地停工或者以怎样的计划对机动车进行限号，以控制空气质量的进一步下滑。相比以往，这是一个巨大的进步，因为“通过精细化的操作，它可以让我们用最小的经济成本去维持一定水平的环境质量”。

新的系统当然还有很多问题需要完善。但在IBM中国研究院成立20周年的庆祝仪式上，这家公司的科学家还是对未来给予了足够乐观的期望。他们这样形容自己正在从事的工作：如果将1900年打孔卡出现之后的几十年视为制表计算的时代，将20世纪50年代至今视为可编程计算时代，那今天的我们已经处在认知计算时代的门槛前。前路未必顺利，但一定精彩。

医生装备透视眼镜

撰文 | 费里斯·贾布尔（Ferris Jabr）
翻译 | 李玲玲

3款具有透视功能的高科技眼镜赋予医生超人视觉。

外科医生和其他医生通常使用的安全护目镜有一个重要的用途，即保护眼睛不受喷溅的血液和其他体液的伤害。而新一代医用眼镜不仅能保护眼睛不受喷溅液体的伤害，还具有医用透视功能。



损伤

名称：O_2Amp

制造者：2AI实验室

用途：戴上这种眼镜后，医护人员能看见肉眼看不到的淤血、皮疹和内伤。美国爱达荷州的护士杰克·裕仁曾佩戴它在一位最近刚经历车祸的妇女身上查找隐匿的淤血。其他医生则利用这种眼镜寻找血栓的位置。

工作原理：人眼天生对因血流影响而造成的肤色变化敏感。2AI实验室的这款绿、粉、紫相间的眼镜，充分利用了我们这种与生俱来的敏

锐感觉。树脂眼镜中的染料可以阻挡特定波长的光，这种光通常会干扰我们分辨血管里是红色含氧血（会在伤口处累积）还是蓝色缺氧血。

价格：127美元起

血管

名称：血管识别眼镜

制造者：伊凡娜医疗公司

用途：这种眼镜能帮助护士在扎针、静脉点滴和使用导管时准确定位，可以节约时间，并将病人的疼痛、所受伤害和开销降到最低。

工作原理：血管识别眼镜就像能透视血管的X光机。它们能发射出四束温和的、波长特定的近红外光线，血管能吸收这些光线，而其他人体组织则不会吸收。两台附加的摄像头可以观测到这些光线在何处被反射和吸收。然后一台内置处理器会将探测到的数据生成一幅血管路线图，并借助投影仪投射到透明的护目镜上。

价格：大约10,000美元

癌症

名称：荧光护目镜

制造者：塞缪尔·阿希莱弗及其美国圣路易斯华盛顿大学医学院的同事

用途：很多时候，外科医生很难确认肿瘤是不是被完整切除，因为可能会有微小块状和片状残留被遗漏。这种护目镜能帮助医生发现残留癌细胞，这些癌细胞如果不去除的话，会增加癌症复发的可能性。

工作原理：手术时，外科医生先向人体组织内注入一种荧光染料，这种染料只会使癌细胞染色，并在近红外灯照射下显示出绿色。然后固定在护目镜上的摄像机会拍下这些荧光，同时一台小型电脑和光缆将这些荧光信息在佩戴者的视野中形成可见光点，这些光点所在之处就是肿瘤残余之处。

价格：低于10,000美元

美国出台无人驾驶汽车法规

撰文 | 科琳娜·约齐欧（Corinne Iozzio）
翻译 | 王忻怡

从**2014**年**9**月**16**日起，美国加利福尼亚州的无人车驾驶新法规将开始执行。

无人驾驶汽车相关法规终于出台了。从2014年9月16日起，无人车制造商谷歌公司所在的加利福尼亚州，无人车驾驶者必须像卡车和校车司机一样，具备专门的驾驶许可证。根据最新法规，目前的无人车驾驶者，只能是无人车制造商的雇员或承包人，他们不仅需要完成安全培训，还要具备完美的驾驶纪录。另外，汽车制造商每年都需要重新申请一次测试许可，为无人车安装手动和自动控制系统，提交事故报告记录并缴纳500万美元的保险。

现在，谷歌和日产公司等几家无人车制造商正处于技术测试阶段，新出台的法规无疑会产生一定影响。截至目前，所有由制造商自主测试的车辆均无不良记录；例如，谷歌公司出产的改良版雷克萨斯轿车，已正常行驶超过70万英里。对于加利福尼亚州机动车管理部门和汽车制造商来说，当务之急是保证无人车及周围车辆的行驶安全。

斯坦福大学自动化研究中心的布莱恩特·沃克·史密斯说，从本质上讲，这是一场监管部门与无人驾驶汽车厂商之间的博弈。在此之后，加利福尼亚州还会出台一系列法律，对已经制造出的无人车原型车进行安全审查，包括审查车辆是否具备人类操作者，以及是否遵守街道法律（这意味着，谷歌工程师需要在无人车上路前给它们添加手动控制系统）。加利福尼亚州机动车管理局并没有对无人车使用的技术进行规定，因此制造商们在开发新系统时有很大的自由空间。

随着无人驾驶技术的进步，相关法律也会跟进。加利福尼亚州机动车管理局还将出台一系列新的法规，规范无人车的日常驾驶行为。用法律约束无人驾驶汽车非常有必要。不过这并不意味着我们可以很快坐上无人出租车。日产公司称，至少要到2020年，无人车才能真正投入使用，其他公司在推出无人车时也会非常谨慎。“每家公司都想率先推出第一辆无人车，”史密斯说，“但谁也不愿意成为‘炮灰’。”



谷歌公司2014年5月发布的一款无人车。

虚拟试验教孩子安全过马路

撰文 | 雷切尔·努维尔（Rachel Nuwer）
翻译 | 蒋决帅

利用虚拟现实技术进行训练，可以增强孩子们安全穿越马路的技能。研究表明，接受过安全指导的儿童在过马路时的表现明显优于未受训儿童。

“过马路前两边都要看！”“先看左边、再看右边，再看下左边！”这些经典的儿童安全教育跨越了各个年代和不同文化，然而时至今日，交通事故仍然是导致儿童受伤或意外死亡的最常见原因之一。

在欧洲，除了老年人，年龄小于14岁的儿童在各年龄段的行人死亡人数中占比最高。在美国，因交通事故而死亡的儿童中有1/4是在步行情况下丧命的。同样的数据在以色列尤为惊人，行人死亡人数中儿童占比高达20%。

过去的研究已经表明，同成年人相比，小孩子不太擅长判断公路上的危险情况。以色列本 - 古里安大学和霍隆理工学院工业工程和管理学讲师阿娜特·迈尔希望，能准确找到导致事故的行为因素，为纠正孩子们过马路时的不良行为提供解决方法。

为了避免在试验过程中对参与者造成伤害，她采用了虚拟现实技术。2013年，迈尔和同事模拟了以色列的18处典型街道，运用眼球追踪装置研究了46名成年人和儿童（7～13岁）如何判断横穿马路时是否安全。他们发现，7～9岁的儿童在过马路时最不小心，他们在决定跨出那一步时几乎没有犹豫，即使在他们的视线受到阻碍时也是如此。

“有家长在一旁感叹：‘哇，真不敢相信我家孩子就那样横穿过去了！’”迈尔说，“这让家长开始重新评估孩子安全过马路的能力。”由于其他一些原因，稍大一点的孩子也并没有表现得更好。他们常在马路边逗留很久，这表明他们不像成年人那样能判断安全或危险的情况，而在访谈中，孩子们也没有表达出他们对影响安全性的因素的理解，例如车速和视野等。

干预措施看起来确实提高了安全过马路的成功率。《事故分析与预防》杂志刊登了迈尔的最新研究，研究中24位7～9岁的儿童接受了时长

40分钟的危险情况判断训练。训练结束后，迈尔和同事将受训儿童和未受训儿童在虚拟横穿马路任务中的表现进行比较。结果显示，接受过安全指导的儿童在过马路时的表现明显优于未受训儿童——可以说他们过马路的能力相当于成年人了。



在孩子们觉得可以安全穿过虚拟马路时，他们按下按钮表示“过马路”。

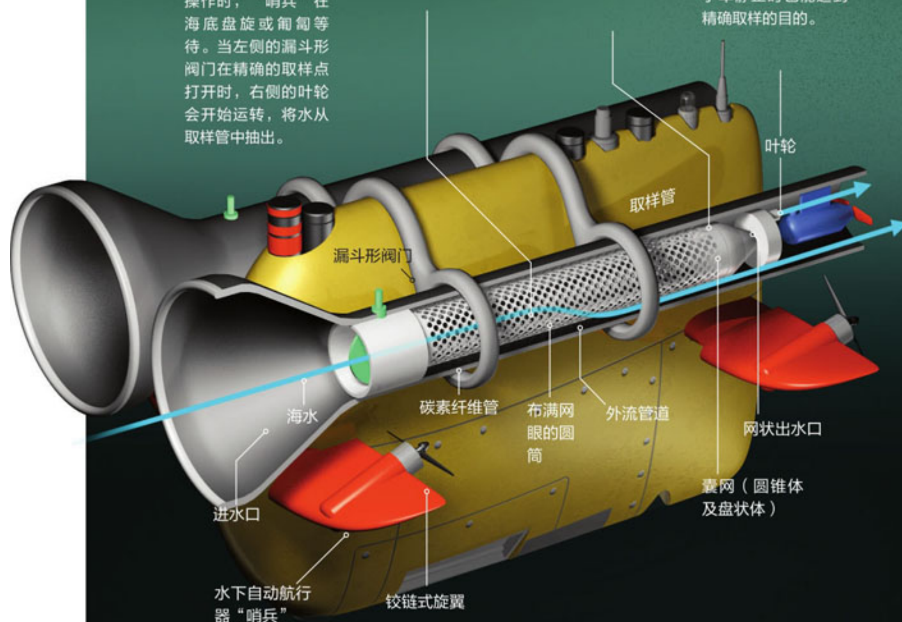
接下来，迈尔和政策制定者要把这些发现运用到现实生活中去。“这些发现非常重要，因为不了解这些问题，我们就没办法对儿童行为进行干预，”计算机科学教授、美国艾奥瓦大学研究和基础设施学院副院长约瑟夫·卡尼（未参与这项研究）表示，“接下来就看研究人员如何为儿童研发安全过马路的培训教程，为家长提供帮助，让孩子养成良好习惯了。”

深海取样机器人

撰文｜马克·菲谢蒂（Mark Fischetti）
翻译｜蒋泱帅

一款机器人可准确抵达深海中特定位置，获取大量微小的生物样本。

通过分析生活在海底的微型浮游生物幼虫，海洋学家可以了解到很多关于海底食物链和海底热液喷发口的信息。不过，把一辆作业车派到漆黑一片、表面又不规则的海底进行精确踩点却十分困难。此外，从大量海水中采集那些几乎看不见的、脆弱的微小生命，并保证它们完好无损也困难重重。今年7月，水下自动航行器“哨兵”携带新型取样机——SyPRID——潜入大西洋底的6处甲烷渗流口进行勘察。这些渗流口位于美国北卡罗来纳州和楠塔基特岛之间，有些地方深达2,000多米。由于形状酷似bazooka火箭筒，SyPRID也被称作Plankzooka，在这次勘察任务中，它取回了132种特殊物种。美国伍兹·霍尔海洋研究所的机器车项目经理卡尔·凯泽表示，精确取样“能让科学家比较并分析出不同海洋深度中浮游生物幼虫的差异，例如距离海底2.5米和5米，或是距海底热液喷发口10米和50米处浮游生物幼虫的差异，这是非常有用的研究”。


工作原理
1 水下自动航行器“哨兵”沿着海底快速潜至预设地点，Plankzooka进行取样操作时，“哨兵”在海底盘旋或匍匐等待。当左侧的漏斗形阀门在精确的取样点打开时，右侧的叶轮会开始运转，将水从取样管中抽出。
2 海水从布满网眼的塑料圆筒中流入，经100目筛网（筛网目数，就是每平方英寸上的孔数）流至外壁管道，并流向叶轮。
3 部分海水流入囊网（由一个圆锥体和一个盘状体连通构成）。这种组合结构能减慢水速，降低圆盘内部压力，故聚集在内部的幼虫不会受到损伤。尾部的网状出水口则能在排出海水的同时留住幼虫。
4 单纯通过海水驱动取样机，会在取样管内部造成比较大的冲击，工作车的稳定性也会因此受到影响，难以精准移动。而以叶轮抽出海水，可避免上述问题，即使在小车静止时也能达到精确取样的目的。
叶轮
取样管
漏斗形阀门
海水
碳素纤维管
布满网眼的圆筒
外流管道
网状出水口
囊网（圆锥体及盘状体）
进水口
水下自动航行器“哨兵”
铰链式旋翼

无线充电助力物联网

撰文 | 科琳娜·约齐欧（Corinne Iozzio）
翻译 | 林清

4种创新的无线充电技术，可以帮助用户摆脱插头充电的不便。

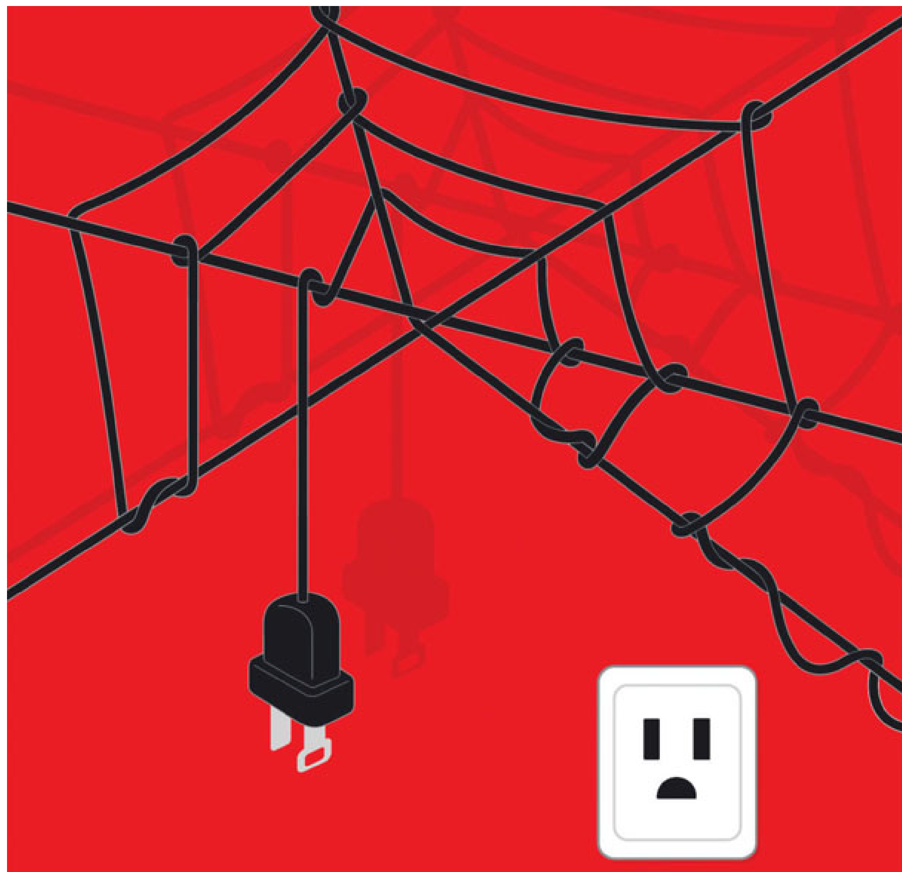
据预测，到2020年，全球将有多达500亿台设备实现和接入互联网的无线连接。随着智能恒温器和智能家电的出现，物联网的世界里随处可见微型传感器的影子，它们无所不在，既能记录你的步数和消耗的能量，又能显示环境的湿度和光照强度。但是纵横交错的电源线会削弱这些设备的适用性，因此，高校和公司的研究人员都在不断改进给设备充电的方法，希望能够让物联网摆脱电源插座的束缚。

压电式微功率发电机

2014年夏天，位于美国纽约州罗彻斯特的微崛系统公司推出了一台只有9英寸大小的发电机——“博尔特”，可以将周围的振动转化成可用的能量。我们身边的空调或微波炉发出的声响，就能让该发电机设备颤振，产生电流，并存入电容器或小型可充电电池，供用户使用。

优点：振动源随处可见。

缺点：产生的能量只能供如传感器之类的低功耗设备使用。



太阳能电池板

法国桑帕特公司已开发出透明的太阳能电池板，可以应用于各种屏幕和其他设备表面。光伏材料上的显微透镜阵列，可以将光线聚集到太阳能电池板上，并折射出屏幕下方的图像。该公司已生产智能手机和智能手表的显示屏，并完成制作嵌入式传感器的原型。

优点：隐形太阳能电池板可广泛应用于各种设备。

缺点：无法在光照强度经常变化或黑暗的区域工作，如地下室和盥洗盆下方。

Wi-Fi反向散射技术

美国华盛顿大学的研究人员开发出一种设备原型，可以从现有的广播、电视以及其他无线信号中采集能量，并通过本地Wi-Fi网络发送信息。该设备可以选择性地反射Wi-Fi信号，对数据进行编码，并能让网络

上的其他设备进行解码。该团队的初期目标是在一年内推出首款产品。

优点：既能给设备充电，又能传输数据。

缺点：通常Wi-Fi传输信号会时断时续，这使连接变得难以预测，且提供的电能相对较低。

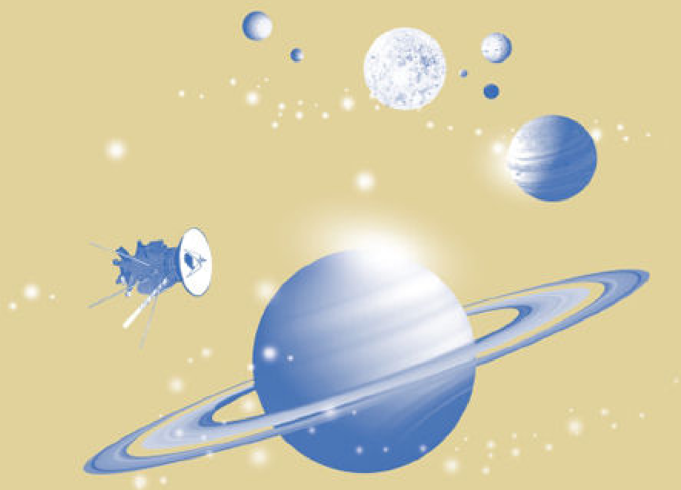
热电发电机

利用电子从导电材料热端到冷端的自然流动，热电发电机可以将体温转化成电能。最近，韩国科学技术院的研究团队展示了该设备的精简版本——外壳材料为柔性玻璃，室温下能产生40毫瓦的电量。

优点：只要与温暖的身体接触，设备就能不断地为电池充电。

缺点：需要较大的温差（约31℃）才能工作，发电量小，适用于可穿戴设备而非环境传感器。

《科学美国人》精选系列



极简宇宙新知

月亮为什么有个胖脸蛋？
在空间站也能享用咖啡？
太阳系中到处都有水？
如何捕捉时空的涟漪？
……

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 | 编



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS

《科学美国人》精选系列



极简宇宙新知

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 | 编



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS
北京 BEIJING

Copyright © Foreign Language Teaching and Research Press 2018

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of Foreign Language Teaching and Research Press.

本书版权由外语教学与研究出版社独家所有。如未获得该社书面同意，书中任何部分之文字及图片，不得用任何方式抄袭、节录、翻印或存储利用于任何数据库及检索系统等。

Published by Foreign Language Teaching and Research Press

No. 19 Xisanhuan Beilu

Beijing, China 100089

http://www.fltrp.com

图书在版编目（CIP）数据

极简宇宙新知 / 《环球科学》杂志社，外研社科学出版工作室编．—北京：外语教学与研究出版社，2018.6

（《科学美国人》精选系列）

ISBN 978-7-5213-0090-1

Ⅰ．①极…　Ⅱ．①环…　②外…　Ⅲ．①宇宙 - 普及读物　Ⅳ．①P159-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第125977号

出版人　徐建忠
责任编辑　蔡　迪
责任校对　刘雨佳
出版发行　外语教学与研究出版社
社　　址　北京市西三环北路19号（100089）
网　　址　http://www.fltrp.com
版　　次　2018年7月第1版
书　　号　ISBN 978-7-5213-0090-1

凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部
举报电话：（010）88817519　　电子邮箱：banquan@fltrp.com
法律顾问：立方律师事务所　刘旭东律师
　　　　　中咨律师事务所　殷　斌律师

目　录

《科学美国人》简介
《科学美国人》精选系列
序　集成再创新的有益尝试
前言　科学奇迹的见证者
话题一　太空来客造访地月系
　　启动磁场　护卫地球
　　陨石坑　一个真实的百慕大
　　构建地球之“盾”
　　星尘计划：寻找微型陨石
　　月球的胖脸蛋
　　月球沙砾
　　钾同位素揭示月球形成过程
　　40亿年前撞击月球的大家伙
话题二　创意无限的太空生活
　　将蚕宝宝端上太空餐桌
　　国际空间站的咖啡机
　　天地间的“双胞胎对比实验”
　　太空微生物
　　清理太空垃圾的酵母
　　太空垃圾密集　威胁空间探索
　　超级纤维保护太空船
　　为卫星通信加密
　　光帆：下一代航天器推进系统
话题三　熟悉又陌生的内太阳系
　　诡异的太阳
　　中国古代文献记录太阳活动
　　重访水星
　　水星有水冰
　　湿润的火星有点“酸”
　　火星曾经沧海

“好奇号”上的日晷故事
火星上的“河流”
被“娇惯”的火星
来自太空的潮湿岩石
话题四　太阳系中的多彩乐园
外星生命线索：木卫二上的褐色黏质
太阳系多处存在液态水
木卫二上真的有喷泉？
土卫二冒烟了
土卫二有生命吗？
土卫六的甲烷湖
土卫六上有波浪
土星环正在孕育新卫星
卫星起源于行星环
矮行星上的暗红色斑
不是彗星惹的祸？
太阳“诱拐”小行星赛德娜
话题五　太阳系外的熟悉面孔
钻石“地球”
钻石构成的星球
短命的“浮肿”行星
天仓五：另一个“太阳系”？
可能孕育生命的外星行星
半真半幻的“幽灵”行星
“苔丝”任务：寻找更近的新地球
圆轨道行星：地外生命的“摇篮”
话题六　千奇百怪的“太阳”
在黑洞周围造恒星
计算机模型揭秘“创生之柱”
恒星的年龄之谜
最大爆炸理论
超新星的“死亡伴侣”
搜寻超新星遗迹

不合群的奇特中子星
话题七　宇宙空间的隐形“居民”
从黑洞中挽救数据
霍金也许是对的
霍金的新黑洞理论
观测黑洞自转
黑洞生于红超巨星？
暗物质催生特大黑洞
暗物质“现身”？
暗光子：暗物质新线索
PandaX实验暂未探测到暗物质
暗物质研究前途未卜
话题八　星系谱写的宇宙传奇
最古老的旋涡星系
麦哲伦云的不老之谜
低龄星系像蝌蚪
星际气体哺育星系
幽灵般的后发星系团
水母星系源于星系团碰撞？
话题九　探索宇宙深处的秘密
搜寻外星人信号
绘制宇宙“地图”
“盖亚号”：绘制银河系新图景
Virgo引力波探测器重新上线
宇宙向南？
宇宙不均衡？
缺失的宇宙纪元
倾听宇宙大爆炸的回声
宇宙深处的重子声波振荡：暗能量存在的新证据

返回总目录

《科学美国人》简介

《科学美国人》（*Scientific American*）创刊于1845年8月，是美国历史悠久并保持连续出版的科普杂志。《科学美国人》一直致力于用生动而严谨的文字和丰富优美的图片向大众报道最新的科学发现和技术发展动态，传播科学理念，深受几代读者的欢迎。《科学美国人》汇集了各个时代的杰出科学家和科学记者，在其170余年的出版历史中，先后有包括阿尔伯特·爱因斯坦在内的160余位诺贝尔奖获得者为该刊撰写过文章。

《科学美国人》精选系列

丛书顾问

陈宗周

丛书主编

刘　芳　章思英
褚　波　姚　虹

丛书编委（按姓氏笔画排序）

刘雨佳　刘晓楠　李盎然　吴　兰　何　铭　罗　凯
赵凤轩　郭思彤　韩晶晶　蔡　迪　廖红艳

序

集成再创新的有益尝试

欧阳自远

中国科学院院士　中国绕月探测工程首席科学家

《环球科学》是全球顶尖科普杂志《科学美国人》的中文版，是指引世界科技走向的风向标。我特别喜爱《环球科学》，因为她长期以来向人们展示了全球科学技术丰富多彩的发展动态；生动报道了世界各领域科学家的睿智见解与卓越贡献；鲜活记录着人类探索自然奥秘与规律的艰辛历程；传承和发展了科学精神与科学思想；闪耀着人类文明与进步的灿烂光辉，让我们沉醉于享受科技成就带来的神奇、惊喜之中，对科技进步充满敬仰之情。在轻松愉悦的阅读中，《环球科学》拓展了我们的知识，提高了我们的科学文化素养，也净化了我们的灵魂。

《环球科学》的撰稿人都是具有卓越成就的科学大家，而且文笔流畅，所发表的文章通俗易懂、图文并茂、易于理解。我是《环球科学》的忠实读者，每期新刊一到手就迫不及待地翻阅以寻找自己最感兴趣的文章，并会怀着猎奇的心态浏览一些科学最前沿命题的最新动态与发展。对于自己熟悉的领域，总想知道新的发现和新的见解；对于自己不熟悉的领域，总想增长和拓展一些科学知识，了解其他学科的发展前沿，多吸取一些营养，得到启发与激励！

每一期《环球科学》都刊载有很多极有价值的科学成就论述、前沿科学进展与突破的报告以及科技发展前景的展示。但学科门类繁多，就某一学科领域来说，必然分散在多期刊物内，难以整体集中体现；加之每一期《环球科学》只有在一个多月的销售时间里才能与读者见面，过后在市面上就难以寻觅，查阅起来也极不方便。为了让更多的人能够长期、持续和系统地读到《环球科学》的精品文章，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社合作，将《环球科学》刊登的“前沿”栏目的精品文章，按主题分类，汇编成系列丛书，包括《大美生命传奇》、《极简量子大观》、《极简宇宙新知》、《未来地球简史》等，再度奉献给读者，让更多的读者特别是年轻的朋友们有机会系统地领略和欣赏众多

科学大师的智慧风采和科学的无穷魅力。

当前，我们国家正处于科技创新发展的关键时期，创新是我们需要大力提倡和弘扬的科学精神。前沿系列丛书的出版发行，与国际科技发展的趋势和广大公众对科学知识普及的需求密切结合；是提高公众的科学文化素养和增强科学判别能力的有力支撑；是实现《环球科学》传播科学知识、弘扬科学精神和传承科学思想这一宗旨的延伸、深化和发扬。编辑出版这套丛书是一种集成再创新的有益尝试，对于提高普通大众特别是青少年的科学文化水平和素养具有很大的推动意义，值得大加赞扬和支持，同时也热切希望广大读者喜爱这套丛书！

欧阳自远

前言
科学奇迹的见证者

陈宗周
《环球科学》杂志社社长

1845年8月28日，一张名为《科学美国人》的科普小报在美国纽约诞生了。创刊之时，创办者鲁弗斯·波特（Rufus M. Porter）就曾豪迈地放言：当其他时政报和大众报被人遗忘时，我们的刊物仍将保持它的优点与价值。

他说对了，当同时或之后创办的大多数美国报刊消失得无影无踪时，170岁的《科学美国人》依然青春常驻、风采迷人。

如今，《科学美国人》早已由最初的科普小报变成了印刷精美、内容丰富的月刊，成为全球科普杂志的标杆。到目前为止，它的作者，包括了爱因斯坦、玻尔等160余位诺贝尔奖得主——他们中的大多数是在成为《科学美国人》的作者之后，再摘取了那顶桂冠的。它的无数读者，从爱迪生到比尔·盖茨，都在《科学美国人》这里获得知识与灵感。

从创刊到今天的一个多世纪里，《科学美国人》一直是世界前沿科学的记录者，是一个个科学奇迹的见证者。1877年，爱迪生发明了留声机，当他带着那个人类历史上从未有过的机器怪物在纽约宣传时，他的第一站便选择了《科学美国人》编辑部。爱迪生径直走进编辑部，把机器放在一张办公桌上，然后留声机开始说话了："编辑先生们，你们伏案工作很辛苦，爱迪生先生托我向你们问好！"正在工作的编辑们惊讶得目瞪口呆，手中的笔停在空中，久久不能落下。这一幕，被《科学美国人》记录下来。1877年12月，《科学美国人》刊文，详细介绍了爱迪生的这一伟大发明，留声机从此载入史册。

留声机，不过是《科学美国人》见证的无数科学奇迹和科学发现中的一个例子。

可以简要看看《科学美国人》报道的历史：达尔文发表《物种起源》，《科学美国人》马上跟进，进行了深度报道；莱特兄弟在《科学美国人》编辑的激励下，揭示了他们飞行器的细节，刊物还发表评论并

给莱特兄弟颁发银质奖杯，作为对他们飞行距离不断进步的奖励；当“太空时代”开启，《科学美国人》立即浓墨重彩地报道，把人类太空探索的新成果、新思维传播给大众。

今天，科学技术的发展更加迅猛，《科学美国人》的报道因此更加精彩纷呈。无人驾驶汽车、私人航天飞行、光伏发电、干细胞医疗、DNA计算机、家用机器人、“上帝粒子”、量子通信……《科学美国人》始终把读者带领到科学最前沿，一起见证科学奇迹。

《科学美国人》也将追求科学严谨与科学通俗相结合的传统保持至今并与时俱进。于是，在今天的互联网时代，《科学美国人》及其网站当之无愧地成为报道世界前沿科学、普及科学知识的最权威科普媒体。

科学是无国界的，《科学美国人》也很快传向了全世界。今天，包括中文版在内，《科学美国人》在全球用15种语言出版国际版本。

《科学美国人》在中国的故事同样传奇。这本科普杂志与中国结缘，是杨振宁先生牵线，并得到了党和国家领导人的热心支持。1972年7月1日，在周恩来总理于人民大会堂新疆厅举行的宴请中，杨先生向周总理提出了建议：中国要加强科普工作，《科学美国人》这样的优秀科普刊物，值得引进和翻译。由于中国当时正处于“文革”时期，杨先生的建议6年后才得到落实。1978年，在“全国科学大会”召开前夕，《科学美国人》杂志中文版开始试刊。1979年，《科学美国人》中文版正式出版。《科学美国人》引入中国，还得到了时任副总理的邓小平以及时任国家科委主任的方毅（后担任副总理）的支持。一本科普刊物在中国受到如此高度的关注，体现了国家对科普工作的重视，同时，也反映出刊物本身的科学魅力。

如今，《科学美国人》在中国的传奇故事仍在续写。作为《科学美国人》在中国的版权合作方，《环球科学》杂志在新时期下，充分利用互联网时代全新的通信、翻译与编辑手段，让《科学美国人》的中文内容更贴近今天读者的需求，更广泛地接触到普通大众，迅速成为了中国影响力最大的科普期刊之一。

《科学美国人》的特色与风格十分鲜明。它刊出的文章，大多由工作在科学最前沿的科学家撰写，他们在写作过程中会与具有科学敏感性和科普传播经验的科学编辑进行反复讨论。科学家与科学编辑之间充分交流，有时还有科学作家与科学记者加入写作团队，这样的科普创作过程，保证了文章能够真实、准确地报道科学前沿，同时也让读者大众阅

读时兴趣盎然，激发起他们对科学的关注与热爱。这种追求科学前沿性、严谨性与科学通俗性、普及性相结合的办刊特色，使《科学美国人》在科学家和大众中都赢得了巨大声誉。

《科学美国人》的风格也很引人注目。以英文版语言风格为例，所刊文章语言规范、严谨，但又生动、活泼，甚至不乏幽默，并且反映了当代英语的发展与变化。由于《科学美国人》反映了最新的科学知识，又反映了规范、新鲜的英语，因而它的内容常常被美国针对外国留学生的英语水平考试选作试题，近年有时也出现在中国全国性的英语考试试题中。

《环球科学》创刊后，很注意保持《科学美国人》的特色与风格，并根据中国读者的需求有所创新，同样受到了广泛欢迎，有些内容还被选入国家考试的试题。

为了让更多中国读者了解世界科学的最新进展与成就、开阔科学视野、提升科学素养与创新能力，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社展开合作，编辑出版能反映科学前沿动态和最新科学思维、科学方法与科学理念的“《科学美国人》精选系列”丛书。

丛书内容精选自近年《环球科学》刊载的文章，按主题划分，结集出版。这些主题汇总起来，构成了今天世界科学的全貌。

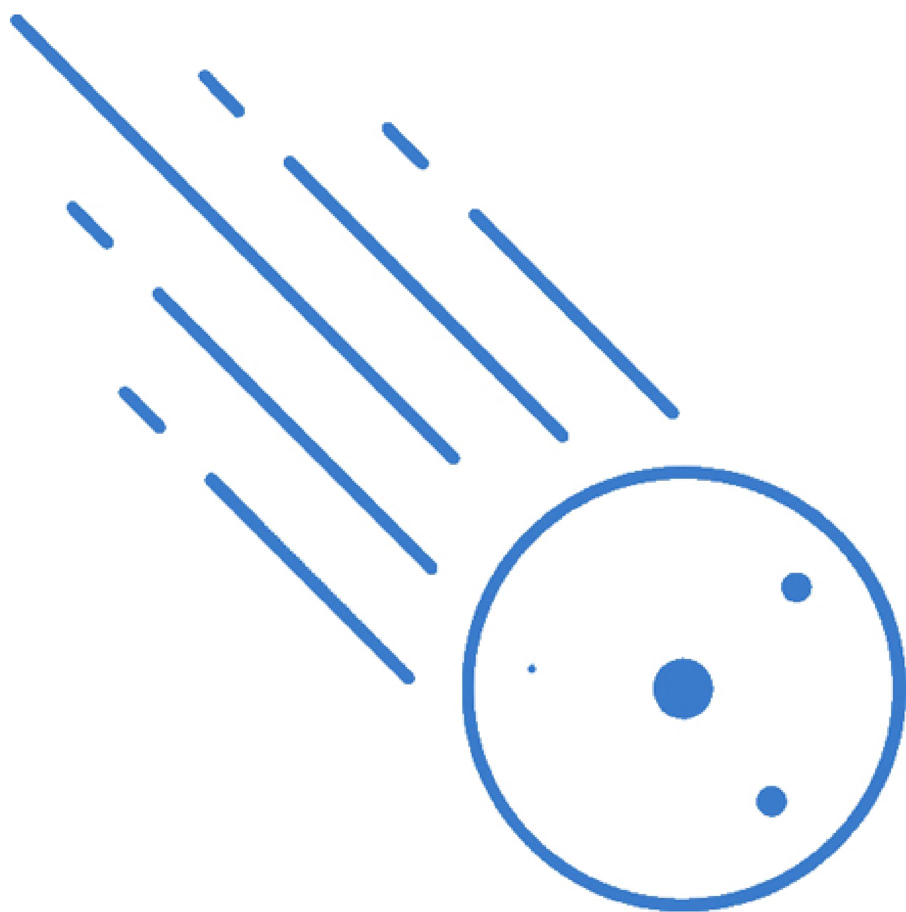
丛书的特色与风格也正如《环球科学》和《科学美国人》一样，中国读者不仅能从中了解科学前沿和最新的科学理念，还能受到科学大师的思想启迪与精神感染，并了解世界最顶尖的科学记者与撰稿人如何报道科学进展与事件。

在我们努力建设创新型国家的今天，编辑出版“《科学美国人》精选系列”丛书，无疑具有很重要的意义。展望未来，我们希望，在《环球科学》以及这些丛书的读者中，能出现像爱因斯坦那样的科学家、爱迪生那样的发明家、比尔·盖茨那样的科技企业家。我们相信，我们的读者会创造出无数的科学奇迹。

未来中国，一切皆有可能。

陈宗周

话题一　太空来客造访地月系



我们赖以生存的地球家园，时刻在经受着来自太空来客的考验。这些太空来客有的威胁着地球上的生命，有的送来了天外宝藏，还有的在地球诞生之际的一次天地大冲撞中，造就了地球的卫星——月球。

启动磁场　护卫地球

撰文 | 约翰·马特森（John Matson）
翻译 | 庞玮

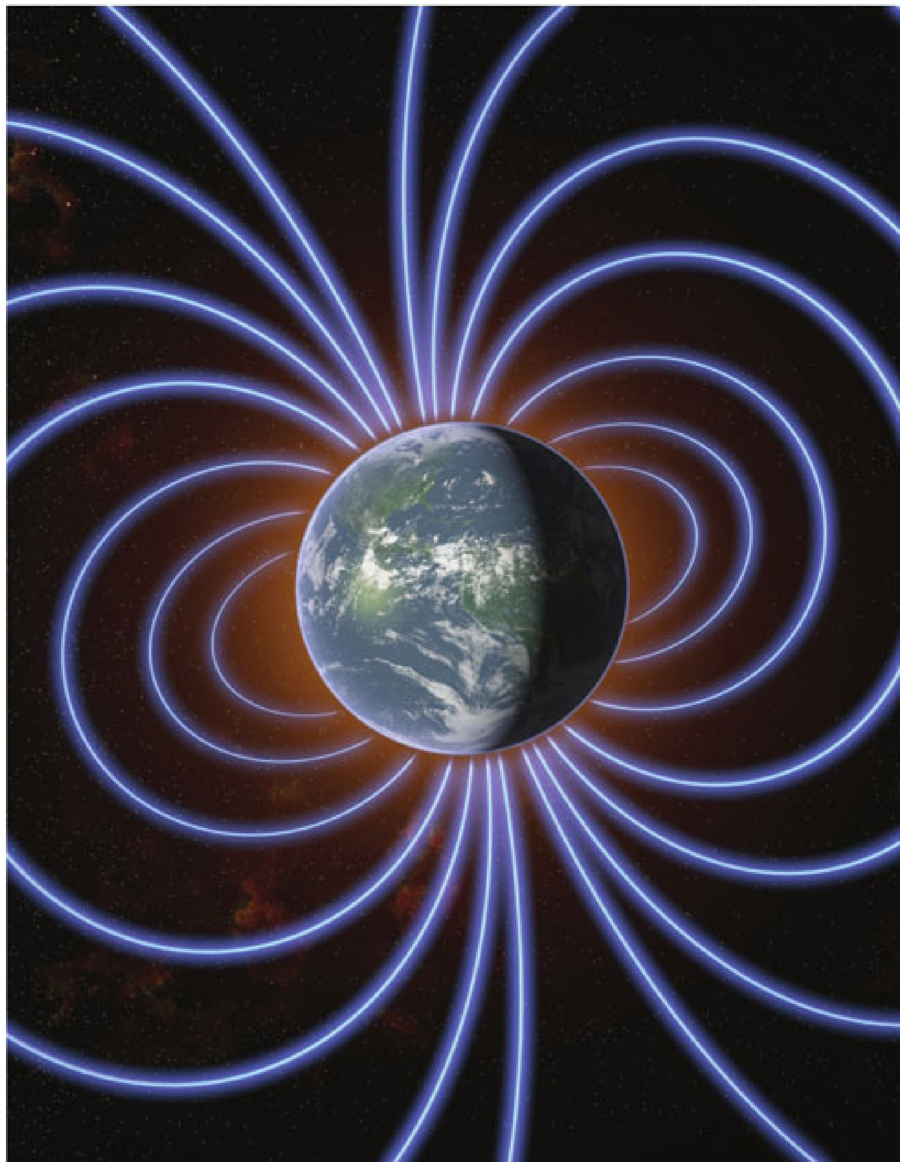
地球不但孕育了生命，还以它强有力的武器——磁场，时刻保护着这个生物赖以生存的家园，使生命得以延续。太阳风夺去了金星和火星上大量的水，而地球上的生命则在地球磁场的护卫下逃过了太阳风的魔掌。

地球强有力的磁场保护着这颗行星和居住于此的生命免受太阳风的侵袭，使它们不至于像金星和火星那样，由于缺乏坚强的护卫，在演化岁月中被来自太阳的离子风暴不断轰击。在太阳的离子风暴的轰击下，金星和火星上的水资源逐渐枯竭，大气层也日益薄弱。弄清地球磁场出现的时间表和地磁产生机制（地核外层的岩浆对流像发电机般产生地球磁场），有助于还原地球早期历史，揭示包括地质、气象和天文过程在内的各种因素是如何将地球打造成一处宜居之所的。

太阳风

太阳风是从太阳大气最外层的日冕，向空间持续抛射出来的物质粒子流。这种粒子流是从冕洞中喷射出来的，其主要成分是氢粒子和氦粒子。太阳风对地球的影响很大，当它抵达地球时，往往引起很大的磁暴与强烈的极光，同时也产生电离层骚扰。

美国罗切斯特大学的地球物理学家约翰·塔尔杜诺（John A. Tarduno）已经和同事一道对此展开研究。他们提供的证据表明，地球早在34.5亿年前就通过上述流体发电机的机制获得了磁场，此时距地球形成不过10亿年左右。这项研究成果发表在2010年3月5日的《科学》（*Science*）杂志上，它将地球磁场的历史提前了至少2亿年。从事相关研究的另一个小组曾在2007年提供了类似证据，不过他们的岩石样本年代稍晚，由此推测出的结论是地球在32亿年前便拥有了很强的地磁场。



磁力线保护地球：新的证据表明，保护着地球，使地球不被太阳风直接吹袭的地球磁场，可以追溯到大约34.5亿年前。这与生命诞生的时间大致吻合。

塔尔杜诺和他的研究组分析了来自卡普瓦尔克拉通（克拉通指地壳中相对稳定的部分）的岩石，这一区域位于非洲大陆南部尖端附近，仍保留着早期太古宙（太古宙为距今约38亿年前至25亿年前的这段地质时期）陆壳的原貌。他们在2009年发现，其中一些岩石在34.5亿年前曾被磁化过，而现有的直接证据表明生命诞生于约35亿年前，两者大致吻合。但这些岩石磁场也有可能是被地外磁场磁化的，如太阳风暴。金星

就是一个例子，尽管它的内部磁场很弱，但太阳风暴对其浓密大气层的不断轰击，导致金星仍然拥有一个可探测到的行星磁场。

在这项研究中，他们测算了在卡普瓦尔岩石上留下现有磁场烙印所需的磁场强度，结果表明该磁场强度是现有地磁场强度的50%～70%，比预期的外部磁场（如微弱的金星磁场）强出好多倍。这一结果表明，当时存在的磁场应该是内部流体发电机产生的。

研究者进一步推测了当时的地磁场能在多大程度上抵御太阳风，由此发现太古宙早期地球的磁层顶距离地球表面约3万千米。磁层顶是地磁场抵御太阳风的最外层边界。如今地球磁层顶到地面的距离约为6万千米，具体位置会随太阳的极端能量喷发活动而不断变动。塔尔杜诺说："35亿年前磁层顶的稳定位置，和如今超级太阳风暴发生时的磁层顶位置差不多。"磁层顶距离地面如此之近，无法完全屏蔽太阳风，因此早期地球或许已经失去过很多的水。

随着寻找太阳系外类地行星的步伐日益加快，塔尔杜诺说，今后在模拟行星的生命适宜程度时应该将行星风、行星大气和磁场之间的关系考虑进去。他指出，目前看来磁场对行星水储量的影响尤为重要。

美国华盛顿大学塔科马分校的地质学家彼得·塞尔金（Peter A. Selkin）认为，上述工作引人注目，结果也合乎情理。不过他也指出，虽然卡普瓦尔克拉通的矿物构成和环境温度在过去数十亿年间变化不大，"但并非原封不动地保持在初始状态"。他认为："还要进一步分析塔尔杜诺及其合作者所用的矿石，不能急于下定论。"

加拿大多伦多大学的地球物理学家戴维·邓洛普（David J. Dunlop）对塔尔杜诺小组的结果有信心，他称此项工作"论证非常严谨"，将这些磁场出现的时间确定为距今34亿～34.5亿年前"是非常有把握的"。邓洛普还说："能将地球发电机的启动时间再往前推，想想就让人激动，不过这似乎不太可能。"因为地球上再也没有其他地方能够获得自然界的垂青，将原始磁场的痕迹如此完整地保存下来了。

陨石坑　一个真实的百慕大

撰文 | 格雷厄姆·科林斯（Graham P. Collins）
翻译 | Joy

让我们来看看地球被小行星撞击后留下的痕迹。在南非的弗里德堡，我们可以见到地球上最古老也是最巨大的撞击遗迹之一，一个总直径为**250～300**千米的陨石坑。在它的中心，磁场杂乱，让人不禁想起神秘的百慕大三角。

"这就像在百慕大三角一样，"南非艾塞姆巴加速器基础科学实验室的罗杰·哈特（Rodger J. Hart）说，"我拿着指南针亲自进行了验证。起初，磁针稳定地指向一个方向，根据我的认识，这应该是磁北极的方位。我向前跨了一步，磁针却转向了一个完全不同的象限，再跨一步，磁针方向又发生了改变。然后，我将指南针紧贴在我们脚下的那块露出地表的巨大岩石上面，再移动指南针。每隔几厘米，磁针就会摇摆不定。"

这里是弗里德堡陨石坑的中心，位于南非约翰内斯堡西南方向大约100千米处。弗里德堡陨石坑是地球上最古老和最巨大的撞击遗迹之一，形成于大约20亿年前。当时，一颗直径10千米的小行星击中了地球。尽管其他地方还存在着更古老的撞击证据，比如南非和澳大利亚西部，但在那些地点，地质结构都没能经受住时间的考验而留存下来。

用肉眼观察，弗里德堡本身并不是一个明显的陨石坑。地质学家们估计，陨石坑的总直径为250～300千米，但环壁早已被侵蚀干净。保留下来最明显的结构是弗里德堡丘，这是陨石坑的"反弹峰"，也就是撞击后深层岩石从陨石坑中央抬升而起的位置。

按照哈特的说法，在撞击最猛烈的时刻，空气会被电离。此时流动的电流产生了一个非常强大而混乱的磁场，这可能就是弗里德堡磁性异常的成因。实验证明，撞击可以产生如此强的磁场。科学家已经计算出，一颗大小只有弗里德堡小行星1/10，即直径1,000米的小行星，就能在100千米以外，产生出一个比地磁场强1,000倍的磁场。

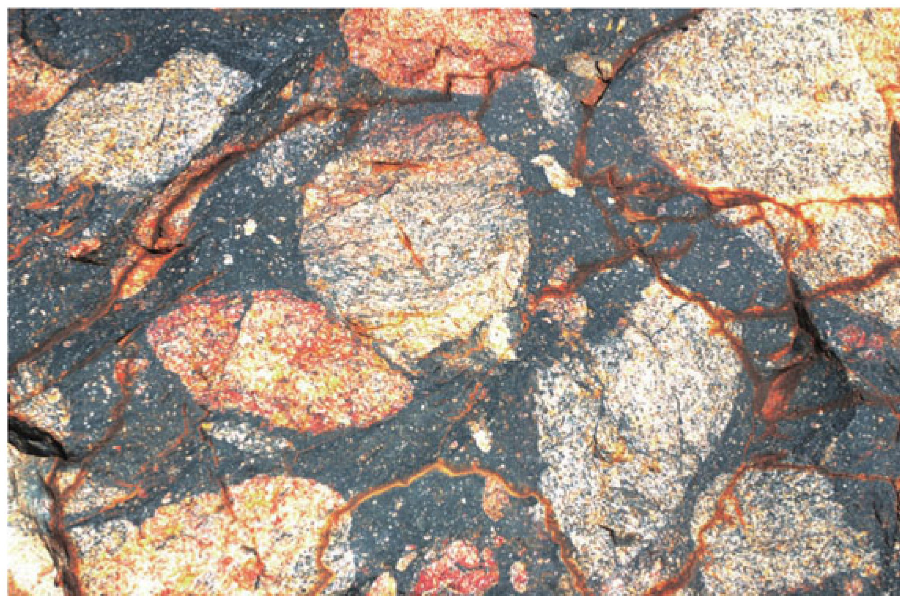
弗里德堡强烈但却杂乱的磁性，在航空勘测时并不明显。分析表

明，陨石坑上方的磁场异常微弱，就像一个在普遍存在的磁场中挖出的空洞一样。从过高的位置上观察，地面上所有的磁性异常都会被抹去，完全消失不见。

受激的岩石

在弗里德堡陨石坑中，异常强烈和杂乱的磁性只出现在“受激”的岩石之中——也就是那些经受过强烈挤压，但却没有熔化的岩石中。南非艾塞姆巴加速器基础科学实验室的罗杰·哈特，与法国巴黎地球物理研究所的同事们共同指出，这些出现在薄岩层中的受激岩石会迅速冷却，从而将撞击时刻产生的剧烈和杂乱的磁场模式锁定下来。相反，那些非受激的岩石会熔化，并且形成较大的熔岩池，需要好几天才能冷却下来，它们只能保存较弱的、更为规则的地球天然磁性。

这些结果也许不仅能够应用在地球的地质学上，而且，还可以用来研究火星。当火星环球勘测者飞行器从轨道上测量的时候，巨大的火星盆地希腊盆地和阿尔及尔盆地几乎没有显现出磁性。传统的解释是这样的：大约40亿年前，当这些陨石坑形成的时候，撞击使此前存在于岩石中的磁性消失了。因此，这些盆地形成时，火星上必定不存在磁场，否则，盆地中的岩石冷却时，这样的磁场就应该保留在岩石的磁性中。火星现在确实没有磁场，但在很久以前，它是存在磁场的。因此，这种标准解释暗示，火星在很早之前就丧失了自己的磁场。



弗里德堡陨石坑强烈而杂乱的磁性，就存在于与图片中褐色花岗岩巨砾类似的岩石之中。深色的岩石是假玻璃熔岩，由熔化的花岗岩形成。

不过，哈特指出，如果希腊盆地和阿尔及尔盆地拥有与弗里德堡陨石坑相同的性质，人们就无法得出关于它们形成时期火星磁场的任何结论——当时的火星磁场说不定还在增强呢。但是，火星环球勘测者计划的一位主要研究员马里奥·阿库尼亚（Mario Acuña）指出，从那些大小与弗里德堡相当的较小火星陨石坑中取得的数据，并不支持哈特的想法。

而在对地球的研究上，哈特提出了一个高分辨率的弗里德堡磁场勘测计划：利用直升机，从低到足以看到磁场变化的高度进行勘查。这将取得一张完整的磁场图，并为这个陨石坑的奇怪现象理出一些头绪。

构建地球之“盾”

撰文｜克拉拉·莫斯科维茨（Clara Moskowitz）
翻译｜王栋

车里雅宾斯克的陨石事件向人类敲响了警钟。为了保护地球，联合国迈出了防止小行星撞击地球的第一步。

2013年2月，一颗陨石在俄罗斯的车里雅宾斯克上空划过后，全世界的空间研究机构居然和普通大众一样，是在社交媒体上得知这一消息的。用退役宇航员卢杰（Edward Tsang Lu）的话说，这是不可接受的——联合国也这么认为。

2013年10月，联合国大会通过了一系列决议，旨在降低小行星撞击地球的风险。联合国计划，在成员国间设立一个“国际小行星预警组织”，共享具有潜在危险的小行星信息。一旦天文学家侦测到某颗小行星具有威胁，联合国“和平利用外层空间委员会”将出面协同应对，想办法改变小行星轨道，以保护地球。这些应对危险小行星的初步措施，是卢杰和其他“空间探索者协会”（ASE）的会员向联合国建议的。ASE还建议联合国组织一项演习，在必须采取这类行动之前，对将小行星推离其原有轨道的技术方案进行测试。

ASE还提议，每个国家都应有一个专门负责小行星事务的机构。“目前，世界上还没有哪个国家，将保护地球（免受小行星撞击）的职责明确分配给某个机构。”在2013年10月美国自然历史博物馆举办的一次公开讨论会上，ASE成员、参与过“阿波罗9号”任务的宇航员拉斯蒂·施维卡特（Rusty Schweickart）说。

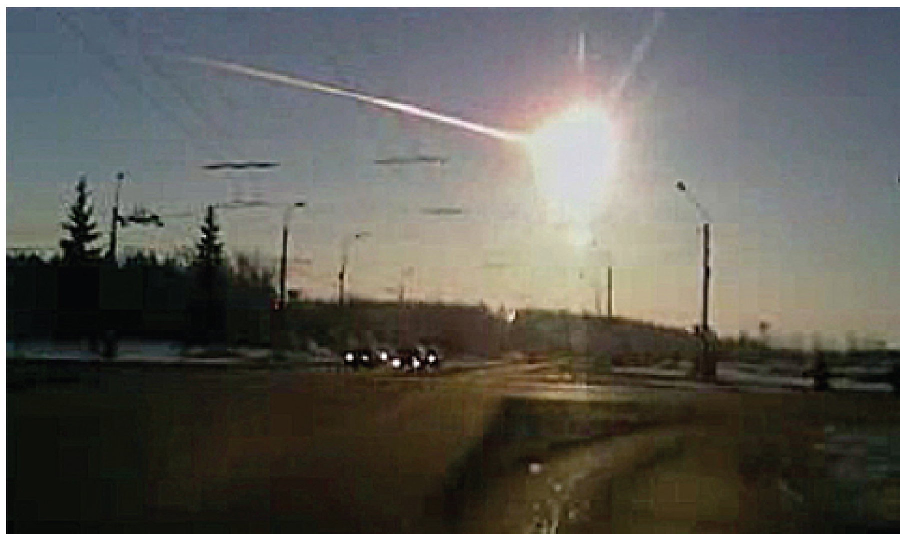
保护地球的下一个重要步骤，是识别危险性的小行星。“大小足以摧毁纽约的小行星大约有100万颗，”卢杰在会上说，“我们面对的挑战是，在这些小行星‘找上门来’前发现它们。”

为应对小行星撞击问题，卢杰创立了非营利机构B612基金会。这家基金会将通过募集私人资金，研制一台名为“哨兵”的太空望远镜。这台望远镜对红外线（即小行星由于太阳加热而辐射出的热能）敏感，这一特性应该能让它发现许多确实存在危险性的小行星。但对于大部分更小

的小行星，例如在车里雅宾斯克上空爆炸的那颗，“哨兵”仍然发现不了。

在巨大的小行星撞击地球之前，对它们进行早期探测非常重要，因为这样可以提高改变小行星轨道的可能性。比方说，如果能在某颗小行星撞击地球的5 ~ 10年前，发射一艘太空船撞向那颗小行星，造成其轨道的微小变化，就应该足以确保它与地球“擦肩而过”。

美国自然历史博物馆的尼尔·德格拉斯·泰森（Neil deGrasse Tyson）在讨论会上说，车里雅宾斯克陨石导致1,000多人受伤，好比一次“警告射击”。现在，是地球人采取行动的时候了。



一颗陨石于2013年2月袭击了车里雅宾斯克。

星尘计划：寻找微型陨石

撰文 | 珍妮弗·哈克特（Jennifer Hackett）
翻译 | 马骁骁

怎样在家门口找到来自太空的陨石碎片？如果你感兴趣，就可以像“陨石猎人”那样，收集天外宝藏，加入“星尘计划”。

大型陨石并不多见，但是微小的陨石却时刻在“轰炸”着地球。据美国国家航空航天局（NASA）估计，每天有约100吨来自宇宙的尘埃、沙砾和石块来到地球。被称为“陨石猎人”的业余天文学家理查德·加里奥特（Richard Garriott）介绍：“石块大小的陨石，地球上平均每平方千米就能找到一个。如果把谷粒大小的也考虑进来，那就数不胜数了。”

事实上，在你自家的屋顶上就能收集到很多微型陨石。虽然微型陨石大多落在海洋中，但还是有很多会落入城市和乡镇，掉在屋顶的缝隙中。下雨后，这些碎片往往会被冲入排水沟中。



为了找出这些主要成分为镍和铁的石块，加里奥特在花园的瓷砖缝隙上设置了一个强力磁铁，排水沟的水会从缝隙中流过。除了微型陨石，磁铁同时会吸上一些建筑废屑，如从铁钉表层或是装饰庭院用到的天然石块上剥落下的碎屑。不过要“去芜存菁”倒也不难，微型陨石通常是球形，而且有一层特殊的“外壳”。这种标志性的外壳是在陨石熔化时形成的玻璃层，在显微镜下可以轻易地辨识出来。

加里奥特并不是唯一对这种天外宝藏充满兴趣的人。“星尘计划”是一项针对微型陨石的独立研究项目，旨在鼓励业余爱好者分享自己的发现。目前业余爱好者已经向该项目提交了3,000多幅疑似陨石的照片。

月球的胖脸蛋

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | 王靓

在背对地球的一面，月球的赤道地区微微隆起，看起来像是长了个胖脸蛋，这让人们困惑不已。一些研究人员认为，如果月球曾经运行在离地球更近的轨道上，那么这个问题就迎刃而解了。

月球背朝地球的那面，赤道地区稍微隆起，长久以来这都令研究人员困惑不已。科学家们曾猜测，这种隆起是在月球早期覆盖月面的岩浆海洋凝固时，由于重力和月球自转而形成的。但是这种假设与月球的早期轨道理论并不完全相符。现在，美国麻省理工学院的研究人员认为，如果在月球形成后的1亿～2亿年间，它的轨道到地球的距离只有现在的一半，并且更接近椭圆的话，他们就能说明隆起现象的成因。这条轨道类似现在的水星轨道，每公转两圈就自转三圈。这样就能有效促使隆起的形状“冻结”在目前的位置上。这一发现同时也表明，有一段时期，月球只需要18个小时就能完成一次圆缺变化；那时地球上每天有4次潮起潮落，并且潮汐强度是现在的10倍。这项发现公布在2006年8月4日的《科学》杂志上。

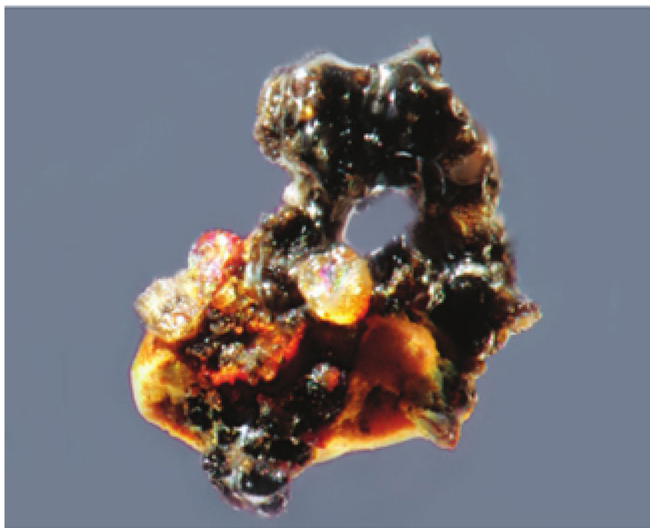


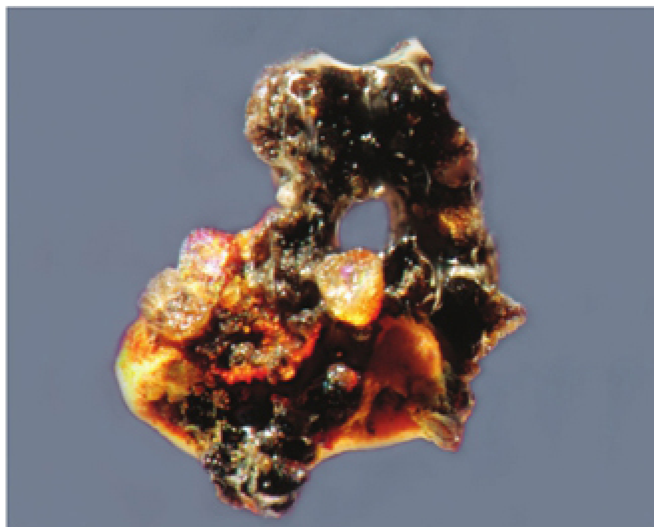
月球沙砾

撰文 | 安·金（Ann Chin）
翻译 | 赵瑾

猜得出照片上的是什么吗？这是放大了**300**倍的月球沙砾。同时看这两幅图，你将看到立体沙砾。

研究人员利用新型成像技术，重新检测了“阿波罗11号”带回地球的月球样本。加里·格林伯格（Gary Greenberg）是美国夏威夷大学天文研究所的兼职助理研究员。他所拍摄的这张月球沙砾（放大了300倍）照片，是一张三维立体图像（先将双眼稍微向双眼中间斜视，直至看到3个图像，然后聚焦于中央的图像）。该图像显示了微陨石（直径小于1毫米的固体地外物质）冲击这颗沙砾时在中央形成的圆环。微陨石冲击所产生的巨大热量使得沙砾熔化，而当它迅速冷却时，就形成了这种类似玻璃的结构。格林伯格和同事希望，通过先进的成像技术，对这些月球沙砾进行更精密的检测，以帮助科学家进一步了解月球的演化过程。





钾同位素揭示月球形成过程

撰文｜吴非

45亿年前，地球与天体间的一次大碰撞产生了月球。通过对月球岩石样品的钾同位素分析，科学家为我们描绘出这一过程的宏伟画面。

45亿年前，刚刚诞生的地球多次遭受来自其他天体的撞击，而在其中一次大碰撞中，一个行星胚胎与地球相撞，产生了地球唯一的卫星——月球。但是，关于月球起源的诸多谜团一直有待破解。这个行星胚胎是以什么样的方式撞向地球的？月球的物质来源又是什么？破解这些谜团的线索就藏在月球土壤之下的岩层中。任职于美国华盛顿大学（圣路易斯）的王昆与合作者在《自然》（*Nature*）上发表文章，通过研究钾同位素证明，这次碰撞是一次高能量、高角动量的剧烈撞击过程。

传统模型认为，低速运行的天体与地球发生低角度碰撞时，原始地球的结构基本不受破坏，而月球的物质主要来自碰撞天体。但是，近期的氧同位素研究对这一观点提出了挑战。在太阳系中，由于起源各不相同，各天体的氧同位素（Δ17O）数值差异明显。而研究发现，月球岩石与地球的Δ17O一致，这意味着碰撞天体与原始地球的物质很可能在碰撞过程中混合在一起，月球由混合后的物质组成。

但是，要想验证该结论的正确性，并揭示具体的碰撞过程，地球化学家仍需找到更多的证据，而钾同位素因挥发性适中受到关注。挥发性较低的元素在碰撞过程中难以出现同位素分馏，而挥发性过高的元素在后期的火山喷发等过程中仍能发生分馏，因此也难以保留碰撞时的信息。因此，具有中等挥发性的钾就成了破解月球形成过程的关键。



王昆告诉《环球科学》记者："在此前的研究中，由于钾同位素测试的精度比较低，地球和月球的钾同位素值在误差范围内是一致的。"而在最新的研究中，王昆及其合作者运用高精度的钾同位素（$\delta^{41}K$）测试手段，对从美国国家航空航天局获得的7块不同类型的月球岩石样本（包括玄武岩和不同类型的角砾岩）进行了分析。同时，研究人员测量了球粒陨石（可能是地球等类地行星的组成材料）和不同类型的地球岩浆岩样本。

结果显示，地球岩石与球粒陨石的钾同位素值几乎一致，而月球岩石的钾同位素值却普遍高出0.4。也就是说，在大碰撞过程中，钾同位素发生了分馏，组成月球的物质所含的钾元素更重。

是什么样的过程让更重的钾优先进入月球中？在高温环境中，唯一可以导致钾同位素分馏的机制称为瑞利分馏——例如雨滴从大气中凝聚并落下的过程，当产物从开放的气态体系中不断凝聚出来时，较重的同位素更易析出。在碰撞天体与地球物质共同构成的气态体系中，包含着更重的钾同位素的产物不断凝聚出来，最终冷却并形成月球。

可以确定的是，在碰撞过程中，原始地球的大部分物质与碰撞天体共同构成了这些气体。由于瑞利分馏的系数取决于环境压强，通过对同位素值的分析计算，王昆推断，碰撞产生的环境压强在10个大气压以上。

据此，研究人员构建了一幅高能量、高角动量的碰撞图景。在早期太阳系中，大量星云经碰撞、吸积形成大小不一的天体，其中一个在地球刚刚形成不到100万年时，高速径直撞向原始地球，碰撞传递的巨大

能量使地球系统飞速旋转。在强大离心力的作用下，地幔、大气层和碰撞天体形成混合均匀的气态体系，气体延伸至洛希极限以外——此时，地球的卫星可以形成，并且不至于因潮汐作用而被撕裂。即使是在这片远离碰撞现场的地方，环境温度还是可以达到3,700℃，压强也有约20个大气压。在几十年的时间中，气体中的物质通过瑞利分馏不断析出，构成熔融的天体。随着该天体不断吸积增长并冷凝，这颗卫星最终在距地球38万千米外的轨道上稳定下来。

王昆的研究为揭示月球形成过程提供了有力的证据，但这还远远不是故事的全部。王昆说："现在从月球返回的样品都集中来自月球有限的几个区域，我们对月球的认识相比我们对地球的了解要差很多。"王昆的研究样本来自阿波罗计划从月球带回的岩石，受月球岩石样品数量的限制，相关研究无论是在项目申请上还是在国际合作上都面临着重重障碍。

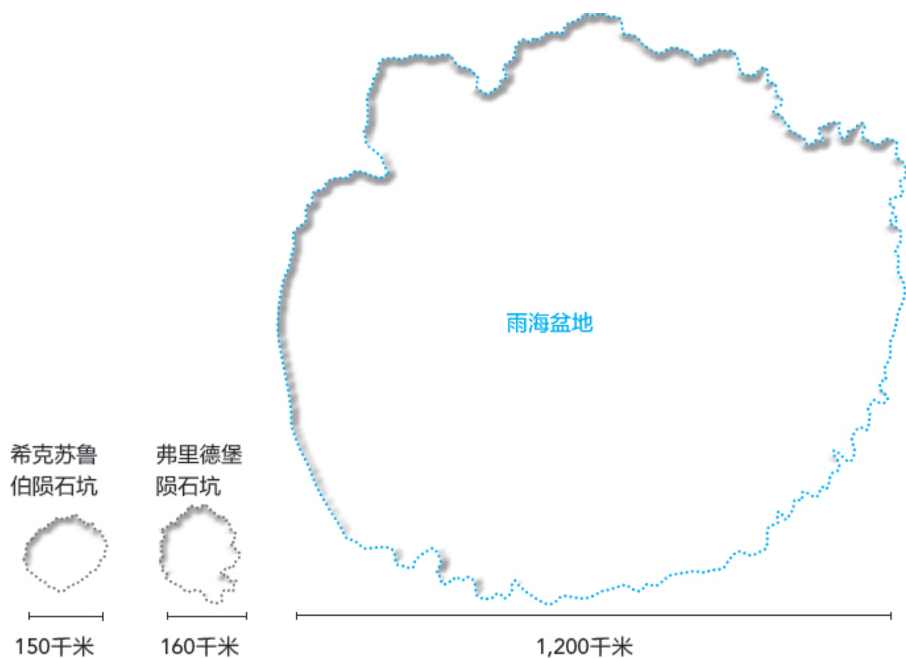
按照计划，中国将发射"嫦娥五号"探测器。如果顺利，这项任务将带回月球土壤样本，而岩石样本可能在后继的月球探测中获取。但是，月球形成过程仍然藏有众多谜团，例如碰撞过程后地球的角动量如何演变。王昆说："更多的样品会对我们理解月球形成过程有很大帮助，但是理论上的突破也很重要。计算天文学家根据地球和月球的轨道参数模拟出大碰撞的过程，而我们地球化学家则需要验证这些假说与月球的化学成分是否吻合。只有这样跨学科的合作才能解决月球的起源问题。"

40亿年前撞击月球的大家伙

撰文｜卡尔·史密斯（Karl J. P. Smith）
翻译｜张哲

月球上的巨型陨石坑是怎么形成的？科学家发现，那是被一个“大家伙”撞出来的。

月球表面的黑斑因类似人脸而得名“月中人”。其“右眼”所在位置为雨海盆地，直径达1,200千米，是距今约40亿年前被一个“大家伙”撞击形成的。这个大家伙有多大？2016年，美国布朗大学的行星地质学家彼得·舒尔茨（Peter H. Schultz）重新推测了撞击物的重量，他的结论是，“大概有美国新泽西州那么大”。相关研究结果已经发表在了《自然》杂志上。为了弄清撞击物的大小，舒尔茨和同事戴维·克劳福德（David A. Crawford）把目光投向了月球的地貌。具体来说，就是撞击位置旁边，由撞击碎片形成的沟壑。研究者测量了这些沟壑的大小，并在实验室进行了一些模拟试验，最后计算出撞击物的大小、速度和撞击角度。新得到的撞击强度是先前电脑模拟结果的10倍。这也提醒我们，对于早期太阳系，我们还知之甚少。

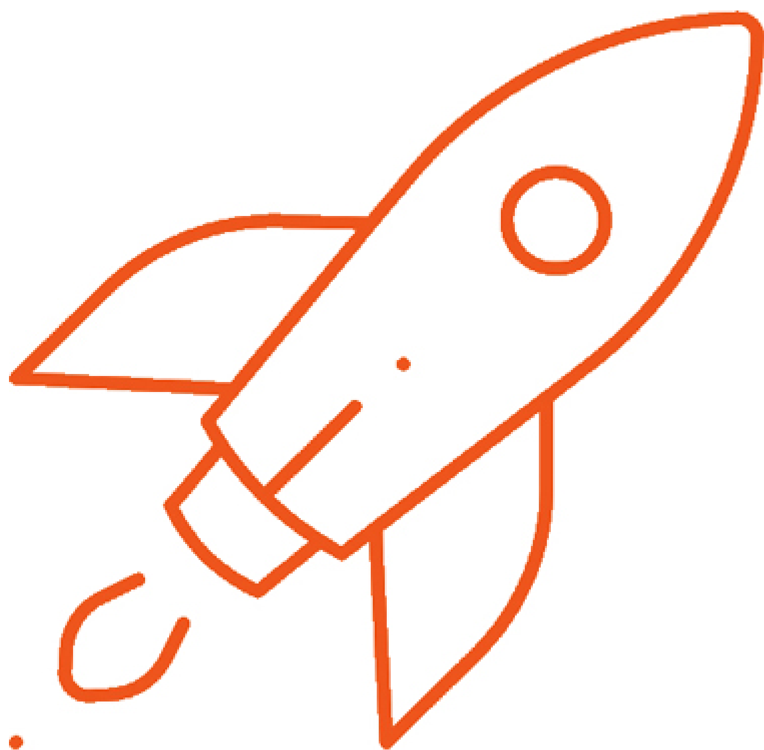


10千米：希克苏鲁伯陨石坑撞击物的估算直径。约6,600万年前，这个天外来客撞击了今天的墨西哥，导致恐龙灭绝。

10千米：南非弗里德堡陨石坑撞击物的估算直径。弗里德堡陨石坑是地球表面已确认的最大陨石坑。

250千米：撞击月球，形成月球雨海盆地小行星直径的最新估值。

话题二　创意无限的太空生活



太空充满着未知，也充满着无穷魅力，吸引着充满勇气和智慧的人们去探索。但种种问题也等待着人们去解决：在漫长的太空旅行中，宇航员吃什么？太空垃圾如何清理？远程星际旅行的能源问题如何解决？科学家正在解决这些问题，为太空旅行做足准备。

将蚕宝宝端上太空餐桌

撰文｜蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译｜蒋青

宇航员在太空中吃什么是一门大学问，特别是面临时间漫长的行星际旅行时。为了提供合适的太空食品，科学家列出了太空食品候选者的名单。大家恐怕想象不到，经过了认真论证，蚕宝宝也被推荐到这个太空大餐的菜单中。

宇航员踏上行星际旅行时，恐怕很有必要将能提供食物和氧气的生态系统带上飞船。为了开发出合适的太空食品，科学家可谓绞尽脑汁。家禽、活鱼，甚至蜗牛、蝾螈和海胆幼体……这些太空食品的候选者千奇百怪，却都称不上完美。比方说，养鸡需要准备大量饲料和空间；鱼类等水生生物则对水环境极为敏感，而水环境的维护又绝非易事。

北京航空航天大学的科学家建议，将蚕纳入太空食品候选者的名单。蚕本来就是中国一些地区人们的盘中餐。它们繁殖快，对空间、食物和水的需求却极小。蚕产生的排泄物也不多，并且可以作为船上植物的绿肥而被迅速处理掉。蚕蛹主要由可食性蛋白质组成，其中人体必需氨基酸的含量是猪肉的2倍，是鸡蛋和牛奶的4倍。进行这项研究的科学家还指出：经过化学处理的蚕丝也可以食用。2008年12月24日，这项研究结果被发表在《空间研究进展》（*Advances in Space Research*）网络版上。



来盘蚕宝宝吧：蚕有望成为营养丰富的太空食品。

国际空间站的咖啡机

撰文｜布赖恩·勒夫金（Bryan Lufkin）
翻译｜李玲玲

来看看这台为微重力环境设计的咖啡机。有了它，宇航员就可以在太空享用咖啡了。

想想15年前，生活在国际空间站的宇航员还在急切期待着第一台能在太空中使用的马桶。现在，低轨道飞行生活对宇航员来说已经越来越方便舒适，他们不用再为这些最基本的生活必需品担心，而可以有更高的追求——拥有一台咖啡机。2015年4月，第一台为微重力环境设计的咖啡机运抵空间站。宇航员终于能像资深咖啡爱好者那样，享用到意式咖啡了。

这款咖啡机是由意大利空间局、一家意大利航空航天工程公司Argotec和一家拥有120年历史的意大利咖啡生产商拉瓦萨合作设计的产品。通过可调节的系绳，宇航员可以将这个微波炉大小的太空铝制电器固定在墙上，然后开始煮咖啡（在太空，宇航员一天会经历15或16次日出）。这个专门为太空舱配备的设备，还能为生活在微重力环境下的“美食家”带来清炖肉汤、茶和其他多种汤羹。Argotec公司的戴维·阿维诺（David Avino）说：“它就像一个美食实验室。”

煮制过程

使用活塞将水袋中的水泵出，水通过加热器后进入煮咖啡器（经过设计它在各种朝向和位置都能正常工作）。在煮咖啡器里，热水会与咖啡舱里的浓咖啡混合，然后注入装有咖啡粉的第二个袋子里。整个过程耗时大约3分钟。

安全措施

太空咖啡机设计了透明门，这样不仅能让“太空咖啡师”清楚地观看制作时咖啡泡沫的形成过程，同时，也起到了保护作用。如果门开了，咖啡煮制过程就会停下来，以免宇航员被飘浮的咖啡烫伤。

贴心设计

工程师在盛装咖啡的袋子里，还设计了一根内置吸管来给液体透气，使宇航员们能享受到咖啡的芳香。阿维诺说，咖啡因可以使人精神振作，不仅如此，来上一杯咖啡还有助于让人“在不舒服的环境中放松下来”。

白色标配

根据国际空间站的标准，机舱上的每一个设备，都必须有同样的颜色和反射属性，否则会对宇航员造成干扰。因此咖啡机的颜色被设计成了与太空舱相同的白色。

超级管道

地面上的咖啡机一般都使用塑料管来通热水，而这款太空咖啡机使用的是特氟龙涂层钢管，这种钢管能抵御超过400巴的轨道压力（海平面的压力是1巴，1巴＝100,000帕）。



天地间的“双胞胎对比实验”

撰文 | 埃米·努尔吕姆（Amy Nordrum）
翻译 | 张文韬

美国国家航空航天局把一对双胞胎中的一个送入太空，一个留在地球，然后进行天地间的对比实验。

从2015年3月起，如果退休宇航员马克·凯利（Mark Kelly）想和他的同卵双胞胎弟弟交谈，就必须与千里之外的国际空间站通话了。因为他的弟弟、51岁的宇航员斯科特·凯利（Scott Kelly），参与了为期一年的研究太空旅行对人体健康影响的项目，会前往空间站居住。凯利兄弟的脱氧核糖核酸（DNA）完全相同，这是极其难得的机会——科学家可以观察在零重力环境下基因表达的改变，并与地面上的情况相比对。科学家还将对比这对双胞胎大脑中的液体流动、体内微生物群落的组成，以及染色体末端的“保护帽”——端粒——的衰减速率，了解细胞老化程度。



长期的太空飞行不会对遗传造成影响——这听起来不错，但我有点怀疑。

——斯科特·凯利

目前已有200多位宇航员在国际空间站上工作过，凯利兄弟也曾多次前往国际空间站执行任务。自从2000年11月第一批宇航员抵达该站，研究人员就开始监测长期航天飞行对宇航员生理情况的影响。迈克尔·巴勒特（Michael Barratt）曾于2009年在太空生活了199天。他说："感觉就像被倒悬在空中。"他还补充说："因为在来空间站之前，我们已经历了异常艰苦的模拟训练，所以能胜任真实太空环境下的每项工作。特别是在最初几周，即使自己感觉不佳，还是能完成既定任务。"关于在太空生活几天会对身体造成怎样的影响，美国国家航空航天局的科学家已经掌握了大量资料，并会密切监控这对双胞胎的各种症状。

太空生活对人体的影响

生活在零重力环境下，人体会发生哪些改变？



不适感

进入零重力环境后，大多数宇航员会感到头痛、嗜睡或眩晕。几天后，当身体的感觉系统适应了零重力，这些症状就会消失。

眼睛

一项调查显示，29%的航天飞机宇航员和60%的国际空间站宇航员报告，在太空中他们的视力下降了。许多人变成了远视眼，或者出现了视力模糊，这可能是因为颅骨内的压力变化导致眼睛的形状变平。

骨骼*

在太空中，骨骼的支撑功能下降，骨质流失。骨质流失的速率大约是每月1%至2%。骨质流失尤其易发于承重骨骼上，比如骨盆，这增加了宇航员发生骨折的风险。宇航员返回地球后，需要3年时间才能全面恢复骨骼密度。

免疫系统

某些类型的免疫细胞变得特别活跃，导致身体反应过度，出现过敏或顽固性皮疹。在这次双胞胎实验中，研究人员会让凯利兄弟接种流感疫苗，以观察免疫系统如何响应。

血流量

在航天飞机或飞船升空时，血液会上涌到头部。由于太空中重力很小或为零，血液会继续向上流动。在这段时间内，身体的下半部分约有10%的血液（1～2升）会涌到头部。宇航员通过穿上特制的“加压裤”来对抗这种太空环境下产生的“包子脸，鸟腿”现象。

脊柱

由于没有重力，椎骨无法保持紧致的压缩状态，宇航员通常会长高2～3英寸（约5～8厘米），随之而来的是背痛和神经问题。

肌肉*

在大约一周内，国际空间站的“居民”最多可失去其肌肉质量的20%。小腿肌肉、股四头肌、背部和颈部的肌肉特别脆弱。这些肌肉在地球上支撑了身体大部分的重量。为了弥补这些损失，宇航员必须每天锻炼2.5小时。

* 出现这些问题的原因是，自我平衡的适应性要求身体找到新的平衡。只有返回地球的宇航员才会面临这些问题。

太空微生物

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | 蒋顺兴

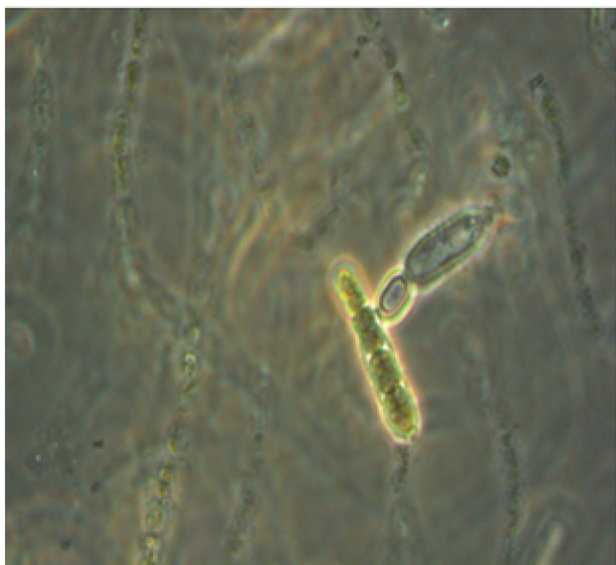
第一批进驻外星球的人们将面对残酷的生存考验，而研究人员为此提出了一个绝妙的方法来满足太空移民生存的基本需要：征召一些具有绝地生存能力的微生物。它们可以肩负去其他星球提炼矿物质的重任，成为开拓宇宙空间的先驱。

矿业公司能利用微生物回收金、铜、铀等金属。研究人员提出，可以征召细菌进行太空“生物开采”，为将来的月球或火星移民提炼氧气、营养物质和矿物质。

全世界超过1/4的铜由微生物从矿石中获取，它们会切断将铜固定在岩石中的化学键，将需要的材料分离出来。任职于英国米尔顿凯恩斯的开放大学的地质微生物学家卡伦·奥尔森－弗朗西斯（Karen Olsson-Francis）和查尔斯·科克尔（Charles S. Cockell）推断，微生物也可以被“抽调”去其他星球做同样的工作。“这应该是在太空中以土地谋生的一种方式。”科克尔说。

蓝细菌

蓝细菌又称蓝藻或蓝绿藻，是一类可进行光合作用的原核微生物。蓝细菌的细胞结构非常简单：它没有细胞核，只有呈颗粒状或网状的染色质；没有叶绿体，但有类囊体进行光合作用。蓝细菌分布广泛，可作为水体富营养化的指示生物。



柱孢鱼腥藻

研究人员在类似于月球和火星的风化层（疏松的表面岩石）中，对多种蓝细菌（常被称为蓝绿藻）进行了实验。这些光合细菌已经适应了地球上的一些最极端环境，从极度寒冷干旱的南极麦克默多干谷，到智利炎热干旱的阿塔卡马沙漠，这意味着它们也许有能力在严酷的外太空存活下来。

为了测试微生物的绝地生存能力，奥尔森－弗朗西斯和科克尔将几种细菌发射到高度为300千米的近地轨道，让它们连续暴露在真空、寒冷、炎热和辐射环境中。接着，他们在有水的情况下把这些细菌接种到不同类型的岩石中，包括南非的斜长岩（类似于月球高地风化层）和冰岛火山玄武岩（类似于月球和火星风化层）。2010年，科学家在《行星与空间科学》（*Planetary and Space Science*）上详细阐述了他们的发现。

所有这些微生物都能从岩石中提取钙、铁、钾、镁、镍、钠、锌和铜。不过，通常作为水稻肥料使用的柱孢鱼腥藻生长最快，萃取的元素最多，而且它还能忍受月球和火星的环境，因而成了最具太空利用潜能的蓝细菌。

科克尔认为，利用微生物进行生物开采有许多优点。尽管单靠化学方法就可以从地外风化层中萃取出矿物质，但微生物能够高效催化反应，大大加快反应进程。单纯的化学方法还会耗费大量能量，而能量在

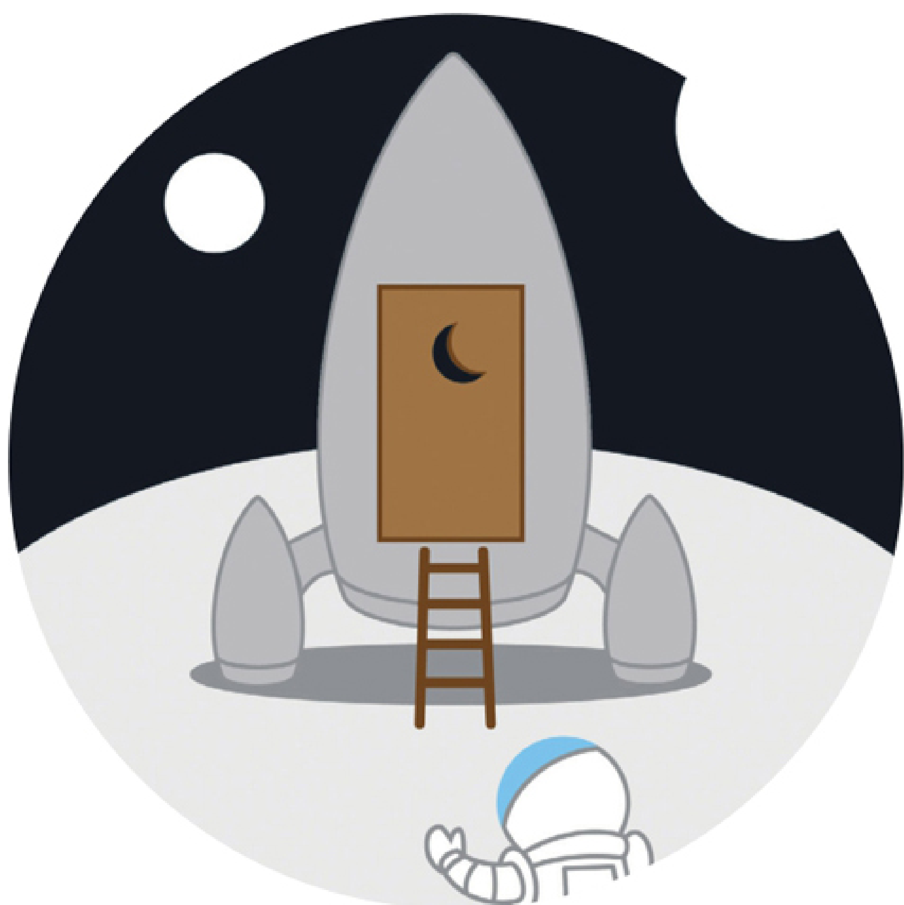
早期的地外前哨站中恐怕相当稀缺。并未参与此项研究的天体生物学家伊戈尔·布朗（Igor Brown）说：“不发展蓝细菌生物技术，我们就没法向月球和火星移民。”看来，以后宇宙移民不再只是人类的专利了。

清理太空垃圾的酵母

撰文｜肯武尔·谢赫（Knvul Sheikh）
翻译｜杨风丽

太空生活产生的生活垃圾该怎么处理？微生物或许可以解决这个问题。它们能够将宇航员的生活垃圾转化为营养物质或塑料。

宇航员需要轻装旅行，每一升额外的补给品都会增加火箭的负担，但是仅携带必要的食物，又无法满足像美国国家航空航天局的火星探测任务这样长时间星际旅行的需要。科学家正在研发创新性方法，最大限度增加飞船的存储效率，包括回收利用宇航员排出的尿液和呼出的废气。



“宇航员在太空执行任务的时间越来越长，他们产生的生活垃圾也会越来越多。那么问题来了，我们要怎么处理这些垃圾呢？”美国克莱姆森大学的化学工程师、合成生物学家马克·布伦纳（Mark Blenner）说。布伦纳和同事已经证明，酵母菌可以将这些垃圾转化成自身所需要的营养物质，甚至还能够用垃圾合成出可用于制造工具的塑料，这当然比将垃圾带回地球要好得多。

研究人员发现，解脂耶氏酵母（一种烘焙酵母的近亲）可以把人类尿液中的某种成分，作为维持自己生命的食物。同时，研究人员还种植了一种藻类，它能将人类呼出的二氧化碳转化成富含碳元素的营养物质。酵母菌可用这些营养物质合成脂肪酸。通过将海藻和浮游植物中的一些基因整合到酵母菌的基因组中，布伦纳团队还使转基因酵母菌合成出了升级版的脂肪酸——Ω-3脂肪酸，这种物质对保持人类的心脏、眼睛和大脑健康至关重要。另外，布伦纳团队还调整了解脂耶氏酵母合成

脂肪酸的方法，使它们合成出了能用于太空3D打印的聚酯塑料。2017年8月，研究人员在美国化学会的年会（一年召开两次）上，报道了他们的发现。

美国国家航空航天局先进探索系统负责技术整合的吉滕德拉·乔希（Jitendra Joshi，未参与此项研究）说："在这项创新性研究中，酵母菌是一种伟大的生物。"接下来，研究人员还需要搞清楚，在低重力、高辐射的太空环境中，微生物能否依旧快速繁殖，并以同样的速率不断合成出人类需要的物质。布伦纳希望，在未来，宇航员将把酵母菌作为个人专属的灵活"生产车间"。

太空垃圾密集　威胁空间探索

撰文｜约翰·马特森（John Matson）
翻译｜王栋

太空垃圾是由人类探索宇宙所带来的不受欢迎的“副产品”，它们可能破坏航天器，甚至威胁宇航员的生命安全。科学家正在建造代号为“太空护栏”的雷达系统，用以监测太空垃圾。

自从人类进入太空时代，在历次空间探索中，丢弃在绕地球轨道空间的杂物越来越多。这些杂物包括使用过的火箭助推器、失效卫星、丢弃的工具等。这些逐渐增多的废弃物个个运动速度飞快，足以威胁到以后的空间探索行动。

2011年9月，美国全国研究委员会在一份报告中指出，太空“垃圾场”的密度之大，已经达到了同一轨道上的垃圾会发生碰撞的程度，而碰撞会导致更多更快的垃圾碎片四散纷飞，并脱离原轨道。该报告预测，太空垃圾的数量将会呈指数增长。

太空垃圾

太空垃圾是宇宙空间中除正在工作着的航天器以外的人造物体，包括现代雷达能够跟踪的体积比较大的物体（如报废的卫星）、体积较小不易被发现的物体和核动力卫星及其产生的放射性碎片。这些残骸和废物有意无意地被遗弃在太空中，是潜在的“肇事者”。

在绕地球轨道上，已有数百万块直径超过5毫米的太空垃圾成群结队地高速运动，每一块都具有足以击毁一颗人造卫星的动能。更危险的是，它们会威胁到宇航员的生命安全。2011年6月，国际空间站上的6名宇航员就曾因为一片太空垃圾距离空间站过近——仅有几百米——而进入逃生舱躲避。



被太空垃圾击中的卫星表面

美国正在采取初步措施，部署更好的追踪系统来应对太空垃圾的威胁。美国空军建造的一个代号为“太空护栏”的雷达系统，能将绕地球轨道上的大多数太空垃圾纳入监测之中。

“太空护栏”系统计划由两座位于南半球的雷达站构成，它将取代之前使用的、建造于上世纪60年代的雷达系统。目前的这个雷达系统在甚高频波段运行，而“太空护栏”将使用波长更短的S波段雷达，具有更高的分辨率，可以更好地追踪太空垃圾。“波长越短，能追踪到的太空垃圾就越小。”美国雷神公司“太空护栏”项目的负责人斯科特·斯彭斯（Scott Spence）说。现在的太空垃圾目录中，最小的是垒球大小的碎片。不过斯彭斯表示，即使是在较低轨道上运行的、小如弹珠的太空垃圾，“太空护栏”系统应该也能追踪到。

“太空护栏”以及其他一些规模较小的项目，都是为了提高人们对空

间环境的了解。然而，如何才能将这种“了解”的水平提高，上升到真正能够采取行动，即清除太空垃圾的水平，人们依旧毫无头绪。

超级纤维保护太空船

撰文 | 安妮·斯尼德（Annie Sneed）
翻译 | 王栋

为了确保太空船不被太空碎片击毁，工程师们对用来制作护盾的合成纤维进行了测试。测试表明，纤维虽然被每秒数千米的铝弹击破，但它还是能够对舱面起到保护作用。

“凯夫拉”材料能轻易抵挡速度为每秒数百米的子弹。但是，对于在外层空间中以每秒数千米的速度飞驰的太空碎片，这种超级坚韧的合成纤维还是不堪一击。2014年6月，为了测试这种纤维的表现，德国夫琅禾费高速动力研究所的工程师们进行了一次太空垃圾撞击模拟试验。因为有被微小的陨石和其他太空“漂流物”击中的潜在风险，为国际空间站运送补给的太空船都装备有护盾。护盾的制作材料为一层“凯夫拉”纤维和“内克斯特尔”陶瓷纤维，纤维外面包裹着铝质覆板。在模拟撞击实验中，工程师们用一支特殊的枪，发射了一颗直径为7.5毫米的铝弹，击中了一块试验护盾。这颗飞行速度约为每秒7千米的铝弹击穿了凯夫拉-内克斯特尔纤维，造成了一个拳头大小的洞。即便受到了如此损伤，护盾还是起到了作用——它消散了子弹的能量，从而保护了内部舱面。



为卫星通信加密

撰文 | 布雷特·海明威（Brett Hemenway）比尔·韦尔泽（Bill Welser）
翻译 | 郭凯声

安全多方计算协议既可保证太空中数千颗卫星互不相撞，又可以保证各卫星轨道数据不会泄露。

2009年2月，美国的“铱星33号”与俄罗斯的“宇宙2251号”卫星相撞，导致这两颗通信卫星瞬间毁灭。根据当时跟踪这两颗卫星的地面望远镜观察，它们的轨道应该是彼此错开的，然而从其中任何一颗卫星搭载的仪器所记录的数据来看，我们都会发现情况完全相反。为何操作人员没有利用来自卫星本身的位置信息呢？

轨道数据实际上是一类需要严格保密的数据，所有人都将卫星的位置和运行路线视为机密资料。拥有卫星的那些企业担心，泄露这些信息会使自己丧失竞争优势。因为把确切的定位信息分享出去，可能会向竞争对手暴露自己的实力。同时，政府也担心这些信息泄露出去会危害国家安全。但将这些信息保密可能导致卫星碰撞——即使是不严重的碰撞，也可能造成数百万美元的损失，并使碎片进入其他卫星和载人航天器（如国际空间站）的轨道。两颗卫星的碰撞事故，促使有关方面开始寻找相应的解决方案。

一种解决方案是，让世界上最大的4个卫星通信供应商，与可信赖的第三方，即美国AGI公司合作。该公司汇集了各卫星通信公司的轨道数据，能在卫星可能遇险时发出警告。不过，此项安排的前提条件是，所有卫星通信供应商与第三方必须保持信任。而随着越来越多的经营者进入这一领域，把越来越多的卫星送入轨道，这种安排常常是很难甚至是不可能实现的。



即使是不严重的碰撞，也可能造成数百万美元的损失，并使碎片进入其他卫星的轨道。

现在专家认为，加密可能是一个更好的方案，依靠它就不用再考虑相互信任的问题了。20世纪80年代，科学家开发出了一些专门的算法，可以让许多人共用私密数据，计算一个函数，同时不会泄露半点秘密。2010年，美国国防部高级研究项目局组织了几个密码专家团队，运用此技术开发了针对卫星数据共享的安全多方计算协议（MPC）。

按照这个方法，每一位参与者可以把私有数据载入自己的软件中，然后软件再根据一个公开的MPC协议来回传送信息。协议保证参与者可以计算一个期望的输出（例如卫星碰撞的概率），但不能计算除此以外的任何东西。此外，由于协议的设计是公开的，任何参与者都可以编写自己的软件客户端，不需要各方彼此信任。

轨道数据加密保护存在的一个问题是速度。计算两颗卫星发生碰撞的概率属于复杂度很高的计算：如果不考虑安全问题，计算花费的时间可以毫秒计，而这些协议如果在商用硬件上执行则需要耗时90秒。不过，随着计算能力的提高，MPC协议的实用性将会越来越高。现在美国国防部高级研究项目局的工作即将圆满结束，概念验证版的算法已准备就绪。这些协议到2015年还没有人真正在实践中应用，不过密码专家正

在物色尝试者。

太空撞车

撰文：约翰·马特森（John Matson）

翻译：蒋青

2009年2月，西伯利亚上空790千米的卫星轨道上，发生了一起太空“撞车”事故：俄罗斯的卫星与美国铱星通信公司的卫星相撞了。考虑到绕地轨道上的卫星数目，这起事故并不完全出人意料。在此以前的20多年间，已经发生过3起类似事件，但情况都不算严重，产生的碎片也极少。这次“撞车”却留下了上百块卫星残骸，有些碎片还向下飘移，降到了与国际空间站相同的轨道高度。尽管相撞概率很小，但这些碎片还是可能给国际空间站里的宇航员造成严重威胁。

光帆：下一代航天器推进系统

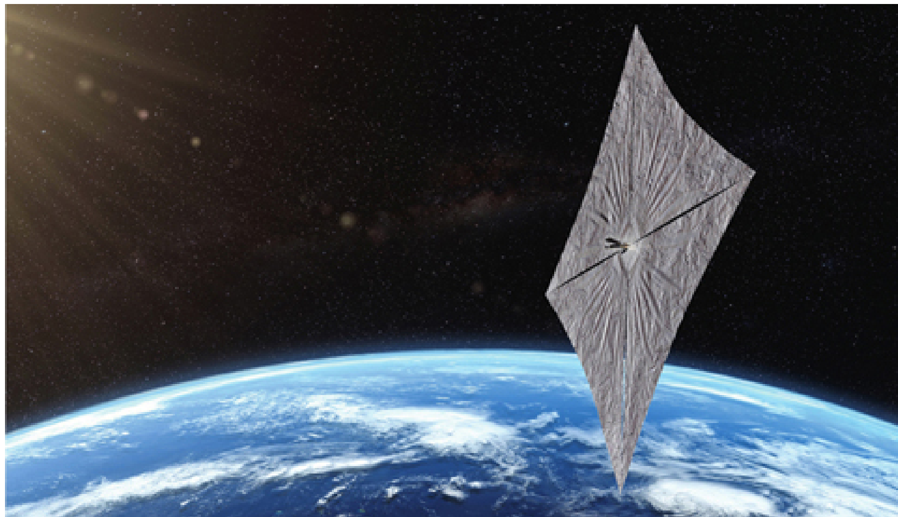
撰文 | 许杰仁（Jeremy Hsu）
翻译 | 林清

太阳帆已经不再是科学幻想，科学家正在试图用太阳光作为动力，驱动航天器执行远程星际任务。

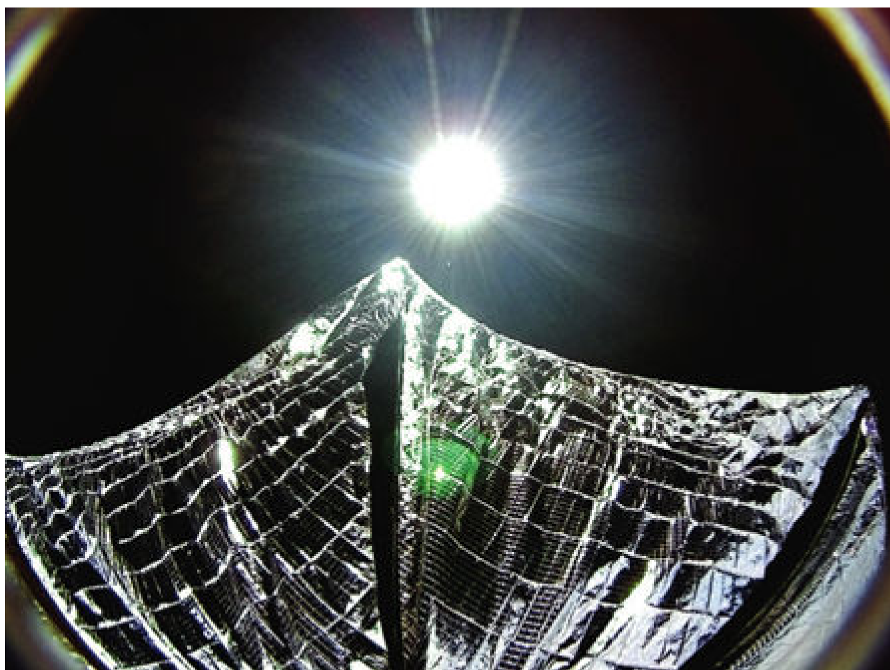
太空中没有加油站。为了把成本低、质量小的航天器送上太空执行远程任务，美国国家航空航天局和几家私人航天公司正尝试一些方法，将太阳能作为动力。这些方法包括使用太阳光光压驱动的“光帆”，以及下一代太阳能电力推进系统。一个名为“光帆2号”的私人资助的航天项目，希望将一个午餐盒大小的航天器发射到预定轨道，并展开一张约两个停车位大小的聚酯帆。一旦成功，这些技术很可能会用在美国国家航空航天局未来对火星及更远星球的探测项目上。

太阳帆并非科幻小说中的虚构之物。早在2010年，日本的“伊卡洛斯号”探测器就在执行飞往金星的星际任务时，验证了太阳帆这一概念。“光帆2号”试验由美国行星协会（世界上最大的非营利业余太空科学组织）资助，计划耗资545万美元。支持者认为，使用“光帆2号”的技术，不用推进剂，即可操控在地球轨道运行的低成本立方体卫星。“光帆2号”的表现还决定着美国国家航空航天局是否会在近地小行星侦察卫星上使用光帆技术。

莱斯·约翰逊（Les Johnson）是美国国家航空航天局马歇尔航天中心负责近地小行星侦察卫星发射任务的首席科学家。他认为：“太阳帆的真正价值在于，它可为极小的航天器提供持续微小推力。”稳定的太阳光压，大小相当于1英亩（约为4,047平方米）帆上不到1盎司（约为28克）的推力，足以让一个小型探测器逐渐加速前行。约翰逊解释说，通过调节反光角角度，可以实现对太阳帆姿态和航天器的控制。由于适用于长时间飞行，这项技术对于低成本、轻荷载的任务而言非常理想。近地小行星侦察卫星拟对一颗小行星开展的侦察任务就很适合使用这项技术。



“光帆2号”航天器（上图）会搭乘太空探索技术公司的猎鹰重型火箭升空。它会像“前辈”（下图）一样在抵达预定轨道后展开它的帆。



不过，当太阳光到达木星轨道附近时，光线会减弱，不足以驱动大多数以太阳帆为动力的飞行器。但约翰逊和美国国家航空航天局空间技术任务局的首席工程师杰弗里·希伊（Jeffrey Sheehy）都认为，这项技术有可能为星际任务铺平道路，研究人员可以用强大的激光代替太阳光，为宇宙飞船加速，从而达到光速的1/10甚至更快。一项名为“突破

星击”的私人太空计划，希望能在未来30年内将这类航天器发射到距离地球最近的恒星系统——半人马座阿尔法星。

希伊认为，通过太阳能电力推进装置，阳光还能间接地驱动更大的无人或载人宇宙飞船。太阳能电池板可以为燃料推进器供电，帮助推进器将气体转化为等离子体羽流，驱动航天器。美国国家航空航天局招募了几家公司，如美国喷气发动机－火箭动力公司（全球领先的火箭推进系统制造商）和艾德·阿斯特拉火箭公司，以提升这些系统的输出功率。希伊说：“现在，我们的太阳能电力推进系统只有几千瓦的电力。我们正在努力，以达到几十千瓦电力，并在此基础上，争取达到几百千瓦的输出功率。”

话题三　熟悉又陌生的内太阳系



小行星带以内的太阳系，是人们最熟悉的宇宙空间。不过，随着越来越多的探测器的发射，人们发现内太阳系中那些再熟悉不过的天体和原来想象的并不一样。日冕为什么那么热？水星也有地质活动？火星上曾经有海洋？小行星或许是地球的生命之源？未来，这些内太阳系的天体还会带给人们更多的惊喜。

诡异的太阳

撰文｜约翰·马特森（John Matson）
翻译｜王栋

对太阳上的“针状物”的研究可能有助于解释为何太阳外层大气的温度会高于较底层大气和太阳表面。针状物从太阳色球喷发而出，对上方日冕产生加热作用。这一加热机制仍有待进一步探究。

从上世纪40年代起，太阳物理学家就被一个问题所困扰：为什么离产生热量的太阳核心很远的太阳外层大气，温度却比较底层大气和太阳表面都要高？

对此，科学家提出了多种不同的解释——从声波或者磁力波在太阳上层大气（即日冕）中耗散而释放能量，到日冕中相互缠绕的磁场线发生重联时产生的、被称为“纳耀斑”的瞬时能量爆发。现在，新一代太阳观测卫星得到的观测数据暗示，可能还存在另一种加热机制：炽热的电离气体（即等离子体）不断冲向太阳上层大气，贡献了相当可观的日冕热量。

针状物

针状物指太阳色球表面上的针状活动体。针状物可以从太阳色球一直延伸到日冕，是一种快速演化的喷流状结构，可以在日面边缘观测到。

研究人员发现，在把日冕加热到上百万开的过程中，太阳上的“针状物”可能也起了一定的作用。这是一种持续时间很短，从太阳色球（也就是较底层大气）中向上喷发的等离子体“喷泉”。“针状物”的起源，从某种程度上来说还是一个谜。这些仅仅能持续100秒的喷泉，以每秒50～100千米的速度从色球中向上喷发。该研究的第一作者巴特·德潘德约（Bart De Pontieu）打比方说，这个速度足以在几分钟内从旧金山飞到伦敦。德潘德约是位于美国加利福尼亚州帕洛阿尔托的洛克希德－马丁太阳与天体物理实验室的研究人员，他和同事的这一发现发表在《科

学》杂志上。

他们研究的基础，是2010年发射的美国国家航空航天局新型“太阳动力学天文台”和2006年开始使用的日本“日出太阳卫星”的观测数据。这两个太阳观测卫星能以数秒一幅的速度拍摄高分辨率的太阳照片，这种快速观测方式对于识别和发现瞬间发生或者快速变化的现象是很有必要的。

研究人员发现，当温度高达数万开的针状物从色球升起时，会将上方日冕中的一些区域加热到100万～200万开。

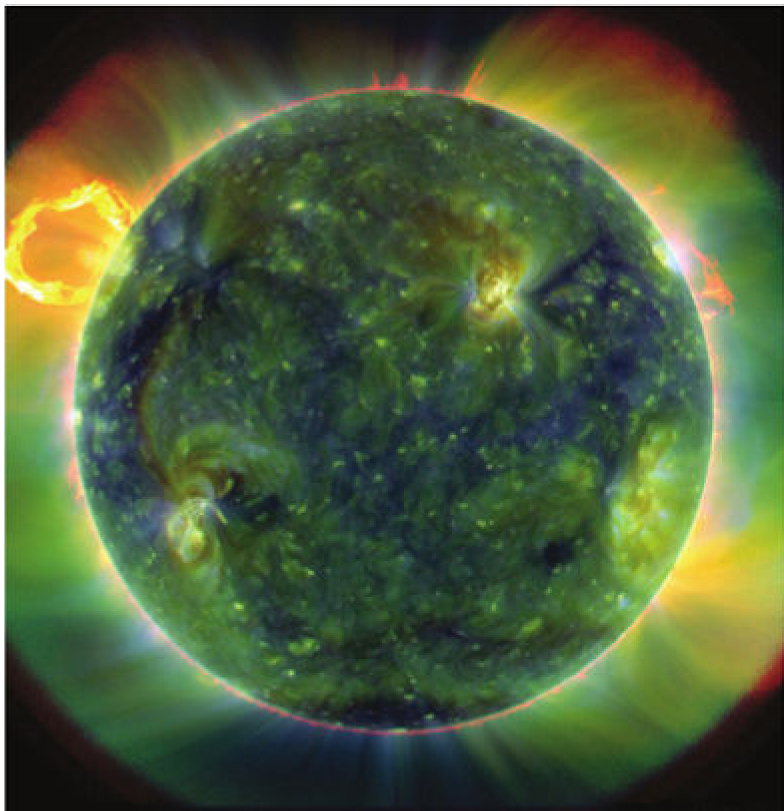
新太阳卫星亮相

撰文：约翰·马特森（John Matson）

翻译：谢懿

2010年4月，一颗全新的太阳卫星正式登台亮相，公布了第一批图像和视频。美国国家航空航天局2010年2月发射的“太阳动力学天文台”，几乎能够连续不断地发回1,600万像素的太阳图像，将太阳的辐射分解到不同的波长，追踪波在太阳表面传播，测量不断变化的太阳磁场。这里显示的照片，是2010年3月30日拍摄的太阳极紫外像。假色代表了不同的气体温度：红色代表温度相对较低（大约6万度）；蓝色和绿色代表温度较高（至少100万度）。

这个天文台能够提供非常全面的信息。科学家认为，它对于太阳物理学的重要性，相当于哈勃空间望远镜对于普通天体物理学的重要性。



研究人员还不知道是什么将色球中的等离子体以如此高的速度向上抛射出去，也不清楚是什么将它们加热到了在日冕层中所能达到的极限温度。但是，针状物与日冕加热之间的联系，让我们看到了破解这桩已有70年历史的“悬案”的希望，英国伦敦大学学院的肯尼思·菲利普斯（Kenneth Phillips）评论。

美国国家航空航天局戈达德航天中心（位于马里兰州的格林贝尔特）的詹姆斯·克里姆丘克（James Klimchuk）说，虽然在太阳的一些特定区域中，针状物看起来确实是一种重要现象，但时间会告诉我们，在整个太阳的尺度上这些针状物能否按上述解释输送足够多的炽热等离子体使日冕达到超高的温度。他认为，这些新的观测结果确实“非常令人激动”，但他同时指出，自己的一些初步计算结果显示，针状物只提供了日冕中炽热等离子体中的一小部分，剩下很大一部分仍应来自于其他更常规的日冕加热机制。德潘德约对此也持谨慎态度：还不能认为日冕温度这一困扰人们许久的谜题已被彻底解决。“我认为很有必要指出，虽然我

们还没有弄清楚日冕加热的问题，但我们离最终答案又近了一步，”他说，“我们最终会弄清楚，这究竟是主要加热机制还仅仅是机制之一。”

中国古代文献记录太阳活动

撰文 | 雷切尔·努尔（Rachel Nuwer）
翻译 | 蒋泱帅

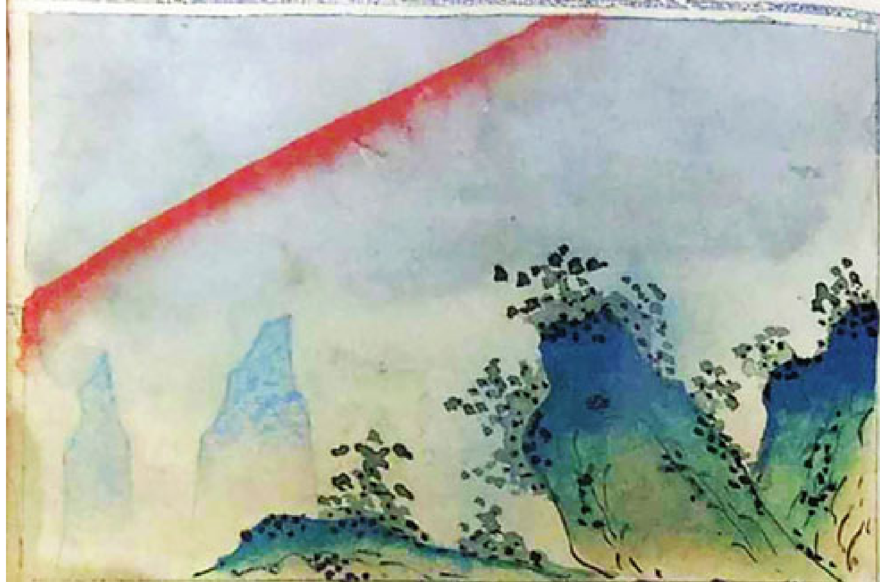
中国古代文献先于科学记录描述了太阳活动。科学家正在解读这些古代文献，以期更好地了解太阳。

在伽利略于17世纪早期开辟现代天文学之前，关于太阳活动的记录基本上是一片空白——至少，科学家是这么认为的。为了了解更多有关这颗恒星的历史，日本京都大学的研究人员开始整理古代文献。至今，他们已经发现几十份明显与太阳黑子、极光，以及其他太阳活动相关的记录；这些数据记载的时间远早于17世纪，虽然这也意味着这些记载比伽利略的图纸需要人们更多的解读。

"尽管科学家可以利用冰芯（从冰川中取出的圆柱状冰体，可供科学家研究早期的气候变化）、树的年轮和沉积物，作为研究过去天气和气候变化的线索，但是像空间气象和极光这样的现象却基本无迹可寻，"美国国家航空航天局的空间等离子体物理学家布鲁斯·鹤谷（Bruce Tsurutani，未参与京都大学的这项研究）说，"所以，我们需要人类自己记录的信息。"

这支由京都的历史学家和天文学家组成的研究团队，分析了上百份来自中国唐代，以及日本、欧洲同时代（7～10世纪）的手稿。研究人员在文献中多次发现了关于"白虹"和"异虹"的描述。事实上，三个地区在同一时间都记录了这样的异象。相关研究结果，已经于2016年4月发表在了《日本天文学会欧文研究报告》（*Publications of the Astronomical Society of Japan*）的网页版上。

赤氣竟天占



朱文公曰
赤氣竟天格澤之氣伏屍之
象流血之徵
宋志曰
格澤氣赤如火炎炎衝天上
下同色東西亘天南北可長
四五里爲兵起其下伏屍流血

《天元玉历祥异赋》：这部古代中文手稿可能描述了极光现象。

论文的第一作者，就读于京都大学研究生院文学研究科的早川尚志

（Hisashi Hayakawa）表示，因为地理位置相距如此远的人同时记录了这一现象，那这个现象只可能是极光。极光是由来自太阳的带电粒子与地球大气层中的粒子互相碰撞形成，通常会以环状形式出现在地球磁极上空。

该研究团队2015年还发表过一份详细的表单，列出了中国宋代（10～13世纪）的官方历史记载中最可能是在描述太阳黑子的内容。在宋代的官方记载中，古人将太阳黑子描绘成太阳上的李子、桃子和鸡蛋。研究人员总共找到了38处太阳黑子的相关描述、13处异虹或白虹的相关记录、193处其他类似极光现象的记录，并将这些内容编译到了具备搜索功能的在线开放式数据库中。

而论文的另一位作者、天文学家矶部洋明（Hiroaki Isobe）则表示，没有办法确定这些文献中记载的就是太阳的情况。解读古文是整项研究中最大的挑战，研究人员要根据被古代作者视为征兆的现象，推导出真实发生的自然事件。“对于海啸和地震的描述是很清楚的，但是历史学家很难判断‘天空呈红色’所代表的意思。”早川解释说。京都大学的研究团队希望收集更多证据，并与其他国家的同行合作，以确认研究结果的正确性。

对太阳活动的长期记录最终能揭示太阳的活动模式。比如，科学家能了解到更多地球磁极移动的信息，以及移动所带来的影响——如果有影响，也是太阳磁场活动对地球气候所造成的影响。此类记录也能让科学家更好地理解太阳耀斑。太阳耀斑会影响人造卫星，造成断电，破坏通信。“要预知未来，必须先了解过去。”矶部说。

重访水星

撰文｜任文驹（Philip Yam）
翻译｜王栋

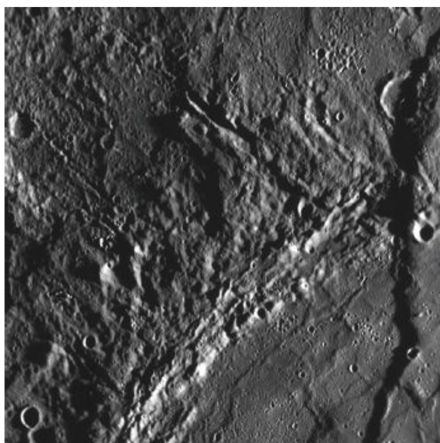
在“水手10号”飞越水星30多年后，终于因为“信使号”对水星的探访，我们才看到了水星不为人知的一面：原来水星并不像月球那样一片死寂，在它内部也存在地质活动。“信使号”还发现了水星上卡路里盆地内部的“蜘蛛”状凹槽，这是人们以前未曾见过的独特结构。

从表面上看，布满撞击坑的水星很像月球。然而，近距拍摄的图像表明，两者之间有着很大的差别。2008年1月14日，美国国家航空航天局的“信使号”探测器第一次飞越这颗被太阳灼烤的行星时，发回了这些图像。上一次科学家们看到如此精细的图像，是通过1973年发射的“水手10号”探测器实现的。与“前辈”相比，“信使号”拥有更先进的仪器设备，拍摄水星的角度也不同，所以它获得了新的观测资料。

卡路里盆地

卡路里盆地是水星温度最高的区域。1974年“水手10号”在飞越水星时发现了这个盆地，但是当时只获得了盆地东半边影像，“信使号”则在2008年对盆地西半边进行了高分辨率成像。

利用探测器上配备的11组彩色滤镜，“信使号”的“眼睛”可以“看到”人类肉眼看不到的光波波段。它用3个不同的彩色滤镜拍摄的图像，被合成为一张假彩色照片（下左图）。从图中我们可以看到年龄不超过5亿年的年轻环形山呈现出淡淡的蓝色。它还发现了许多新形成的悬崖，或者说断层，绵延达数百千米。另一张照片（其边长对应的真实长度为200千米）显示了其中一个陡峭的断层（下右图）。这些悬崖也许是在水星内部冷却时形成的——星体冷却收缩，表面就会产生褶皱。

“信使号”探测器还确定了水星上卡路里盆地的大小。这个巨大的撞击坑直径约1,500千米，几乎是水星直径的1/3，比过去科学家们估计的直径还多出200千米，从而跻身太阳系中最大撞击坑的行列。在这个盆地内部，“信使号”还发现了当年“水手10号”没能观测到的一种独特结构，科学家们称之为“蜘蛛”。它由许多个从某个中心向外辐射的凹槽构成，这也许表明这一地区的盆地底部在盆地形成后又裂开了。

2008年10月和2009年9月，“信使号”探测器又先后2次造访了水星。2011年3月它进入了环水星轨道。此后它继续拍照，用激光测绘了水星地形，同时对这颗行星的磁层进行了探测。

“信使号”探测器的水星之旅

“信使号”探测器发射于2004年8月3日。到2009年，它共3次飞掠水星。在2011年3月18日它成功进入水星轨道，成为了首颗围绕水星运行的探测器。之前，在1973年发射的“水手10号”探测器执行的是行星飞越任务，因此只能观察到半个水星，而“信使号”执行的是环绕行星轨道的任务，因此可以探测整个水星表面。

在我们对水星的了解上，“信使号”探测器功不可没。探测期间，“信使号”捕获到大量水星表面的影像信息，其中一幅照片上的陨坑群的形状酷似米老鼠。此外，“信使号”还揭示了水星的5个秘密。第一，水星的南极和北极拥有不对称的磁场。第二，水星与太阳之间的距离对水星的钙、镁和钠的含量有重大影响。第三，水星的两极存在冰和有机物。第四，水星的核心由铁组成，其中一部分是液态。第五，水星表面的硫含量非常高。

水星有水冰

撰文｜约翰·马特森（John Matson）
翻译｜高瑞雪

昼夜温差极大的水星上，可能有水存在吗？对水星的新探测似乎给出了肯定的答案——在那样严酷的环境下竟然可能存在水，而水星的极地陨石坑则可能是冰沉积物的藏身之处。

水星是距离太阳最近的行星，那是一个极端的世界。白天，水星赤道附近的气温可以飙升到400℃，在那样的高温下，连铅都会熔化。然而，当白昼过去，夜晚来临，水星表面的温度又会猛跌到－150℃以下。

尽管如此，这个极端世界里还是有一些地方气温略微稳定。在水星的极地陨石坑内，由于坑口阴影的遮挡，有些区域终年不见天日。那里的温度在整个“水星日”里都是很低的。长期以来一直存在这样的假设：水星在太阳的眼皮底下，把几袋子冰塞到阴暗的陨石坑里藏了起来。2012年3月的年度月球与行星科学大会公布了美国国家航空航天局“信使号”水星探测器新传回的数据，数据证明这个假设是正确的。

2011年，“信使号”进入水星轨道，开始以前所未有的精度对这颗太阳系最内侧的行星进行测绘。通过“信使号”探测得到的极地陨石坑地图，与以前通过地球雷达得到的水星极地图像精确吻合。地球雷达得到的图像上显示出了不规则的亮点，即一些小块区域的无线电波反射远高于四周，就像那里有冰存在似的。

但雷达热点还标示出了一些小陨石坑，以及在低纬度地区的陨石坑。这些陨石坑的底部温度可能不太适宜冰的存在。在这里，冰沉积物可能会需要一层薄薄的“隔热毯”，也许是一层由细微颗粒组成的表层介质或风化层，从而使冰不会升华。

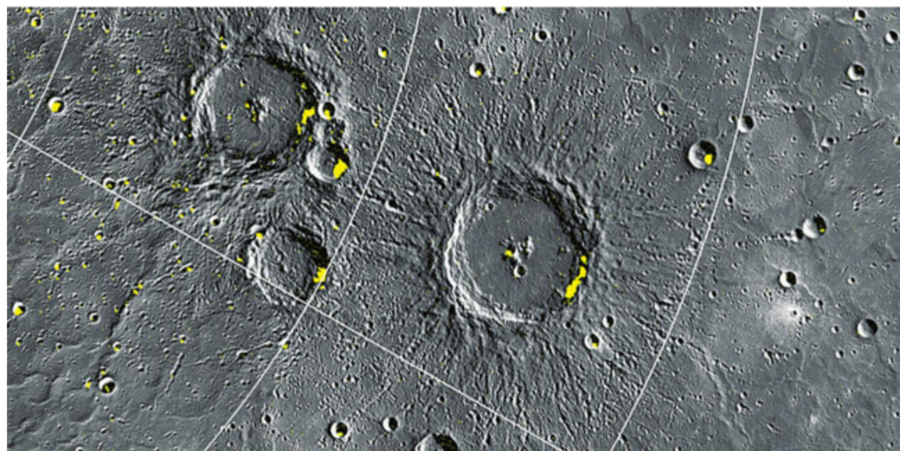
风化层

风化层指地表岩石经风化后的残积物形成的堆积层。风化层在月球、水星、小行

星、彗星等天体中都可找到。

事实上，“信使号”的数据似乎证实了，在陨石坑内，确实有些隔热物质覆盖着冰。由于覆盖着含有机化合物的深色风化层，陨石坑阴影处的温度恰好可以存在冰沉积物，美国加利福尼亚大学洛杉矶分校的戴维·佩奇（David Paige）解释道。

佩奇说，从现在的证据来看，那些亮点的主要成分，明显就是水冰。



“信使号”测绘的水星陨石坑。黄色标示出的雷达亮点可能标志着冰沉积物的存在。

湿润的火星有点“酸”

撰文｜萨拉·辛普森（Sarah Simpson）
翻译｜刘鑫华

如今的火星一片荒凉，红色的表面沙石裸露，死寂一片。但谁能想到，在**10**亿年前甚至更早之前，火星却是一个湿润的星球。那时候温室气体包裹着火星，由此产生的温室效应造就了火星潮湿的环境。科学家们猜想，除了二氧化碳，二氧化硫也曾“现身”火星大气，为温室效应推波助澜。

在火星上，由潮湿环境留下的痕迹比比皆是：冲刷形成的深河谷、辽阔的三角洲，还有广泛分布的海洋蒸发残迹。这些线索让许多专家深信，在10亿年甚至更早之前，这颗红色星球的大部分地区曾经被液态水覆盖。不过，科学家的大部分努力都是为了解释，曾经宜人的火星气候为何会变得如此干燥。今天的火星寒冷而干燥，如果过去真的存在湿润气候，火星就必须拥有一个能够有效产生温室效应的大气来维持这一气候。火山喷发可能会形成厚厚一层二氧化碳吸热层，把年轻的火星紧紧包裹起来，但是火星气候变化模型一次又一次表明，仅凭二氧化碳的升温作用，还不足以让火星表面的温度维持在冰点以上。

今天的火星土壤中普遍含有硫化物，受到这一惊人发现的启迪，科学家们开始猜想，过去的火星大气中除了二氧化碳，也许还存在另外一种温室气体——二氧化硫。

与二氧化碳类似，二氧化硫也是火山喷发时经常释放的一种气体，而在火星仍然年轻的时候，火山喷发非常频繁。美国哈佛大学的地球化学家丹尼尔·施拉格（Daniel P. Schrag）解释，早期的火星大气中，只要存在万分之一甚至十万分之一的二氧化硫，就可以助温室效应一臂之力，让这颗红色行星保持湿润。



被火星探测车的车轮翻起的土壤中存在含硫矿物（白色），它们只能在有水的环境中形成。

这样的浓度听起来似乎不高，但是对于许多气体来讲，即使要在大气中维持很低的浓度也非常困难。在地球上，二氧化硫只要进入大气，几乎立刻就会和氧气结合形成硫酸盐，不能造成显著的长期增温效应。不过，早期火星大气中可能根本没有氧气，因此二氧化硫在大气中停留的时间应该要长得多。

施拉格说："如果把大气中的氧气全部拿走，这将是个影响深远的变化，整个大气的运转都会有明显的不同。"按照施拉格及其同事的说法，这种差异还暗示，二氧化硫在火星水循环中扮演着重要角色——这也就解决了火星上的另一道气候难题：石灰岩等碳酸盐岩的缺乏。

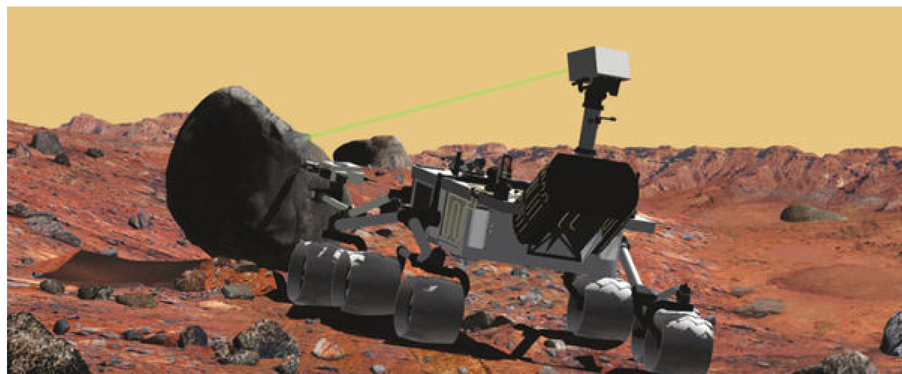
施拉格领导的课题组认为，在早期的火星上，大部分二氧化硫都会和大气中的水滴结合，以硫酸雨的形式落到火星表面，而不像地球上那样直接转化为硫酸盐。酸雨应该会抑制火星上石灰岩和其他碳酸盐岩的

形成。

在地球上，富含二氧化碳的潮湿大气会自然形成碳酸盐岩，因此研究人员曾经推测，火星上也应该到处都有碳酸盐岩。在数百万年的时间里，这种岩石形成过程会把早期火山喷出的绝大部分二氧化碳束缚起来，从而阻碍了二氧化碳在大气中的积累。二氧化硫可以抑制早期火星上的这种二氧化碳束缚过程，迫使更多二氧化碳逗留在大气之中——施拉格指出，这是二氧化硫增强温室效应的另一种方法。

寻找亚硫酸盐

如果二氧化硫使早期火星保持温暖，就像这个新假说所猜测的那样，一种被称为亚硫酸盐的矿物，就会在长期存在地表水的地方形成。目前，火星上还没有发现亚硫酸盐，也许这是因为没有人去寻找它们。“好奇号”火星探测车，配备了精良的装备来搜寻这种矿物。这辆探测车是第一个携带X射线衍射仪着陆火星的探测器。这台设备可以扫描并辨认探测车遇到的任何矿物的晶体结构。



一些科学家质疑，二氧化硫是不是真的能够胜任改变气候的重任。美国宾夕法尼亚州立大学的大气化学家詹姆斯·卡斯廷（James F. Kasting）指出，就算大气中没有氧气，二氧化硫也极不稳定，那么阳光中的紫外线辐射就能轻易分解二氧化硫分子。地球早期气候经常被用来与火星早期进行比较，在卡斯廷为地球早期气候建立的计算机模型中，阳光分解二氧化硫的过程使这种气体的浓度只能达到施拉格及其同事描述量的千分之一。卡斯廷说：“也许某些方法可以让他们的想法具有可行性，但必须先建立一个详尽的气候模型，才能说服我和其他持怀疑态度的人相信他们的观点。”

施拉格承认具体细节还不清楚，但他引用了其他研究人员的估算结果——早期火星上的火山可能喷发了足够的二氧化硫，从而抵消了它们的光化分解。更早的研究也表明，浓厚的二氧化碳大气能够有效散射大部分破坏性的紫外线辐射——这是早期火星上二氧化碳和二氧化硫之间相互助益的又一个明显例证。

卡斯廷认为二氧化硫对气候的反馈，不能让早期火星和地球一样温暖。不过他也承认，二氧化硫的浓度有可能达到某种程度，足以使火星的部分表面解冻，甚至产生降水，冲刷出河谷。

施拉格没有反驳这种观点。他认为：“早期火星上到底是覆盖着一大片海洋，还是散布着一些湖泊，甚至仅仅存在少量池塘，对我们的假设都不会有什么影响。温暖并不意味着要像亚马孙河流域那样湿热，只要像冰岛一样‘温暖’，就足以在火星上形成那些河谷了。”就二氧化硫的量而言，只要一丁点儿就行了。

火星曾经沧海

撰文 | 约翰·马特森（John Matson）
翻译 | 王栋

也许火星北半球曾经被海洋覆盖？这个想法不是天方夜谭，已经有越来越多的证据来支持它了。雷达探测器“听到了”来自火星表面的回波，结果表明火星北部表面存在含冰的沉积物，这为火星曾有海洋的说法提供了支持。

长期以来，在许多行星科学家眼里，火星北半球的表面不管怎么看，都像是曾经覆盖着海洋。而现在，连“听起来”也像是这样了。

一部装备有探地雷达的欧洲太空探测器，确定了火星北极地区疑似沉积物的成分，该雷达可以发射并接收从火星表面反射回来的电磁波，从而研究火星表面的构成。根据2012年1月发表于《地球物理通讯》（*Geophysical Research Letters*）的一项研究，这些或许包含着冰的沉积物表明，在大约30亿年以前，那里曾经是一片浅海。

沉积平原

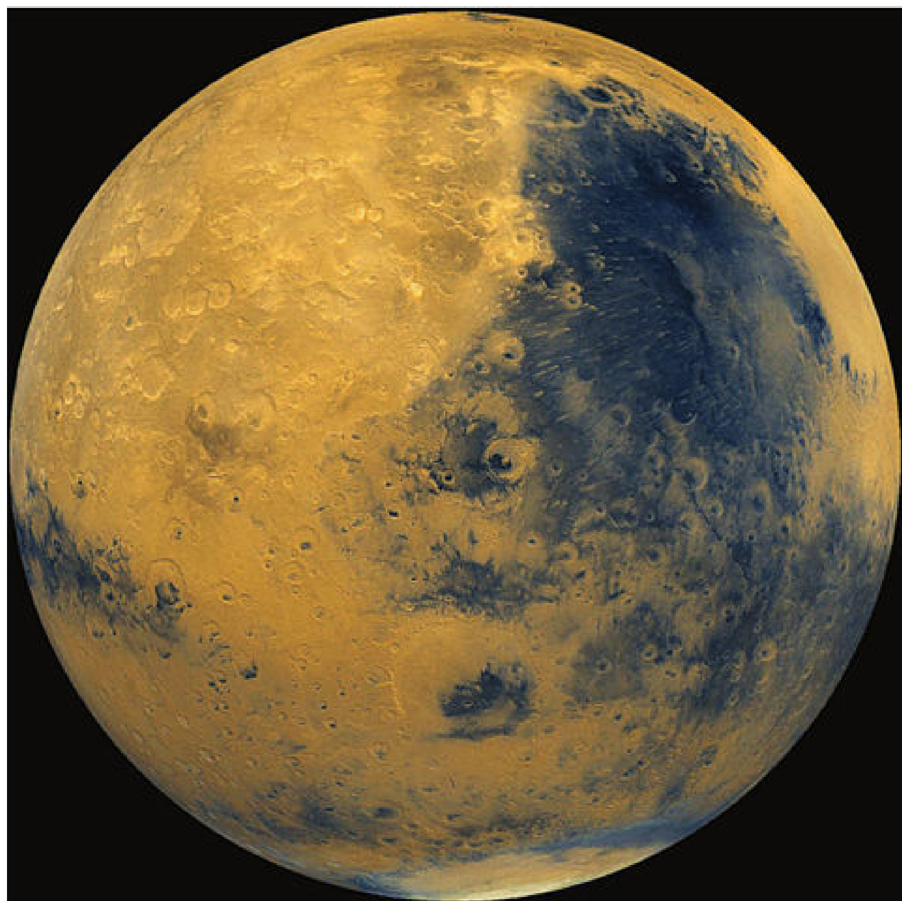
沉积平原是在沉积作用下形成的平原。沉积作用是某些物质被运动介质搬运到适宜场所后，发生沉淀、堆积的过程，风力、水力和冰川的运动均可能成为运动介质。

这项最新研究分析了欧洲空间局“火星快车”探测器携带的次表层探测雷达高度仪（MARSIS）获得的一系列探测结果。从2003年起，该探测器就一直在环绕火星的轨道上工作。“我们为整个星球绘制了表面反射波强度图。”该研究的主要参与者、美国加利福尼亚大学欧文分校的地球物理学家热雷米·米格诺特（Jérémie Mouginot）说。北部荒原构造区是火星北极附近一个地质沉淀区，很久以来，科学家一直怀疑这里最初是一个沉积平原。MARSIS的探测结果表明，该区域的雷达反射率很低——如果这里是由火山活动形成的话，反射率应该会高些。

火成平原

火成平原是在火成作用下形成的平原。火成作用包括岩浆侵入地壳上部，冷却、结晶的过程，以及岩浆冷却过程中水蒸气液化为热水溶液的过程。火成作用可产生多种矿物质。

在此之前，美国国家航空航天局的火星勘测轨道飞行器也用探测雷达探测过这个地区，得到的结果也与米格诺特的上述解释相吻合。这部探测器的浅层次表层结构雷达（SHARAD）得到的结果说明，北部荒原构造区实际上是由一层沉积层覆盖着的火成平原。



这是现在的火星表面。根据“火星快车”收集到的信息，火星表面曾经存在过海洋。

根据“火星快车”确定的沉积层面积来估算，海洋曾经覆盖了火星北部平原的广大区域，尽管持续的时间不是很长。大约30亿年以前，火星

上应该有足够强烈的地热活动使地下水保持液态，形成并维持一片浅浅的海洋，海洋的深度或许可达100米。米格诺特还补充，在那之前，更古老的海洋或许也曾存在过。“我认为这次所发现的应该是一种覆盖了北部平原的、类似于洪水泛滥的短期事件。”米格诺特说。但是，以地质学的时间尺度来看，当时的环境对于长期维持这样一个大型水体来说太过寒冷、干燥了。在差不多100万年之内，这片海洋就再次被冰冻起来并埋于地表以下，或者变成水蒸气而消失不见了。

对长久以来存在的，认为火星北极地区曾经有过辽阔海洋的理论来说，新的雷达探测数据只是为其提供了支持，仍然算不上铁证。“海洋假说要经过证明而成为一个科学理论，仍需时日。因为今天，海洋可以说已经被埋在地下（而消失了）。”美国夏威夷大学马诺分校天文研究所的行星科学家诺伯特·舍尔格霍费尔（Norbert Schörghofer）说。并且，人们总是想知道，对于这些雷达反射波数据是否还有其他解释。因为相对来说，雷达探测的针对性并不强，得到的结果中有些数据也可能来自其他探测目标。但不管怎样，舍尔格霍费尔表示：“这是火星曾有海洋的又一个证据，我开始相信它了。”

火星的地下冰川

撰文：约翰·马特森（John Matson）

翻译：刘旸

早在2009年，火星勘测轨道飞行器上的探地雷达就显示，在火星地表岩屑的薄层下，隐藏着大量冰川。测量地点在火星南纬30～60度之间，目前该地区的情况并不利于冰的形成，因此冰川可能是在气候不同于今日的久远年代形成的。岩屑的覆盖保护了冰层，以免它们升华为水蒸气而消散。这些冰川可能是火星上除极地外最大的水储备。

“好奇号”上的日晷故事

撰文 | 格伦登·梅洛（Glendon Mellow）
翻译 | 红猪

飞向火星的“好奇号”装载着人们的梦想，也充满了艺术气息。它携带的日晷就是一件艺术品。日晷上面有用多种文字书写的“火星”，这些文字种类多达**16**种，其中甚至包括了古代的苏美尔文和因纽特文。当然，这个手绘日晷更重要的作用是协助“好奇号”校正相机色彩。

对于数百万梦想在红色行星上发现点什么的人来说，“机遇号”和“勇气号”火星探测车代表了乐观、希望，甚至可爱的品质。

这样看来，最新一部火星探测车“好奇号”上载个日晷（根据太阳位置来测量时间的一种设备），并附上经典儿童文学作品里的那种致辞和插图，这是多么合适。“好奇号”于2011年11月26日搭乘“大力神5号”火箭升空，于2012年8月登陆火星。

这个日晷还将作为参考，帮助“好奇号”校正桅杆相机的色彩。有了它的帮助，相机就能捕捉火星的地貌了。这些拍下的图像将会分多次从火星传回地球。通过“好奇号”学生们还可以了解，在一颗大气色彩与地球不同的行星表面，如何确定时间、日期、季节和海拔。“好奇号”将一直留在火星上，为将来的太空旅行者提供便利。

苏美尔文

苏美尔文是迄今所知两河流域南部最早的文字。苏美尔文的字迹成楔形，因此又被称为“楔形文字”，这种“楔形文字”后来传播到了整个西亚。

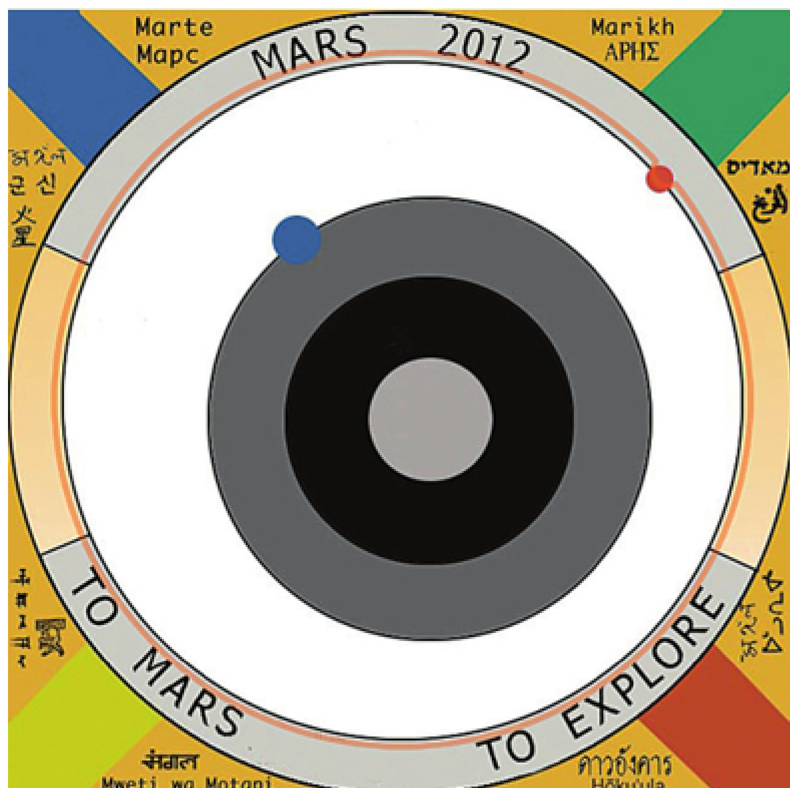
因纽特文

因纽特文为居住在北极地区附近的因纽特人所使用。他们主要分布在加拿大北部、美国阿拉斯加北部，以及格陵兰岛等地。

日晷上的信息和图画里，包含着用16种文字写成的“火星”。这些文字包括古代的苏美尔文和因纽特文，在日晷的边缘可以找到它们。

这项创意的幕后策划是艺术家乔恩·隆贝格（Jon Lomberg），他曾是卡尔·萨根（Carl Sagan）的同事，也是萨根最喜欢的艺术家。隆贝格已有5件作品登上了火星，其中包括由他讲解、2007年搭乘“凤凰号”登陆舱升空的DVD《火星印象》（*Visions of Mars*）。“好奇号”上的日晷就是这些作品中的第5件。

就像以前的那几辆火星车一样，或许有一天，“好奇号”也会成为传奇，载入故事书里。



“好奇号”上面携带的日晷，既是一件艺术品，同时也具有实用功能：帮助“好奇号”校正桅杆相机的色彩。

探访“好奇号”火星车

让儿童和青少年为火星车命名是美国国家航空航天局的惯例。与“勇气号”和“机遇号”一样，原名“火星科学实验室”的火星车，有了新名字“好奇号”。这个名字也来自于一名学生——12岁的华裔女孩马天琪。

“好奇号”由核动力驱动，使命是探寻火星上的生命元素。“好奇号”上有着许多高新技术设备，其中包括能拍摄高解析度照片和视频的相机、机械手臂、化学样本分析仪、辐射探测器、环境监测器等等。

火星上的“河流”

撰文 | 凯莱布·沙夫（Caleb Scharf）
翻译 | 徐愚

“好奇号”登陆火星让我们有机会一睹火星地貌。那是一片干旱的土地，好似地球上的荒漠。不过“好奇号”还发现了火星上曾经存在水的证据。

与在太空轨道中遥望火星相比，“好奇号”火星探测车的登陆让我们观察到火星上更多的细节图景。



“好奇号”着陆于盖尔陨石坑。早期火星轨道探测器拍摄的盖尔陨石坑卫星图像显示，这里存在一块形状类似“冲积扇”的区域，这意味着曾有河水流经并冲击了盖尔陨石坑底部。

2012年9月，在“好奇号”传回的火星图像中有一块突出地表的岩层。这块岩层呈向上倾斜状，由细碎卵石和沙砾混合而成，它被认为是火星上的古代河床。细碎卵石可能来自数百米高的陨石坑边缘，从卵石的大小、稍显圆润的形状及其所处位置来推断，这些细碎卵石曾在河水

中被冲刷打磨，水深约在脚踝至腰部之间。

这是一个惊人的发现。科学家一直认为，水是形成这种地形最可能的原因。目前来看，这里以前的确有水流过，并在火星表面留下了沙砾混合的层状岩石。虽然盖尔陨石坑如今的干涸程度或许更甚于地球上最干旱的沙漠，但许久以前，这里也曾流水汩汩，波光粼粼。

被“娇惯”的火星

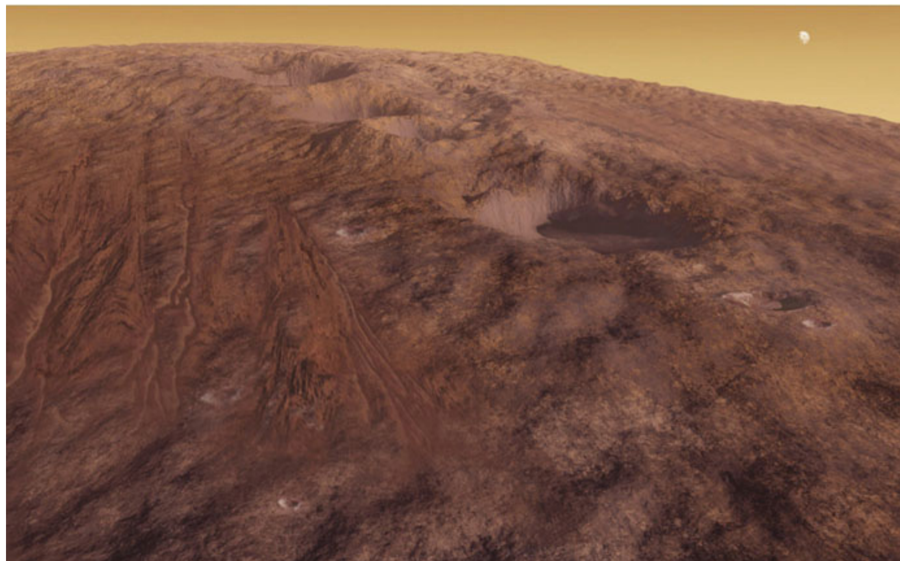
撰文 | 内森·科林斯（Nathan Collins）
翻译 | 王栋

研究人员认为，是时候为火星探索“松绑”了。不过，要想研究外星生命，就还得小心地球上的生命入侵。

人类需要保护火星免受地球微生物的入侵吗？传统观点认为有必要，而且太空法也是这么规定的——联合国外层空间条约规定，禁止地球微生物对可能适于它们生存的星球造成污染。然而，一些研究人员对此持有不同意见。他们认为，火星能照顾好自己，而且现行的严格保护措施阻碍了科学家去探索这颗红色星球。对试图寻找生命的探测任务来说，其花费“很容易就会因行星保护程序而翻倍”，美国康奈尔大学太空生物专家阿尔伯托·法伦（Alberto G. Fairén）介绍。

在近期的《自然·地球科学》（*Nature Geoscience*）杂志上，法伦和美国华盛顿州立大学的德克·舒尔茨-马库赫（Dirk Schulze-Makuch）指出，不值得花费如此多的精力和资金去保护火星。要知道，有些地球细菌很可能已经通过一些其他方式到达火星了，例如借助于远古小行星撞击地球产生的碎片，或者“搭乘”美国国家航空航天局发射的“海盗号”火星探测器。此外，如果火星上本来就存在生命形态的话，它们也能轻而易举地消灭掉还未来得及适应新环境的入侵微生物。

然而，美国国家航空航天局改变保护方针的可能性很小。如果想要研究外星生命，就得保证不把地球上的生命带过去，否则，研究人员就有可能把这些来自地球的“偷渡者”错当成外星生命，美国国家航空航天局的行星保护专员凯瑟琳·康利（Catharine Conley）解释。



康利的上一任，前美国国家航空航天局行星保护专员约翰·拉梅尔（John Rummel）说，模拟和实验都显示，地球细菌实际上能在火星生存。他还补充：“我们并不完全清楚地球上微生物的潜力究竟有多大。”

来自太空的潮湿岩石

撰文｜约翰·马特森（John Matson）
翻译｜谢懿

水是生命之源，地球上生命的出现离不开水。那么在地球形成的时候，是谁把水带到这个星球的呢？一种观点认为，小行星可能是地球上水的来源之一。小行星表面水冰的发现，支持了这一观点。

一颗在火星和木星之间绕太阳转动的小行星，其表面拥有水冰和有机化合物——这些成分是首次在小行星上被发现。过去，这些特征一直与来自太阳系更寒冷、更偏远地带的彗星联系在一起。这一发现支持了这样一种观点：早期地球海洋中的水，以及生命诞生所必需的前生命化合物，可能都来自小行星。

在2010年4月29日出版的《自然》杂志上，两个小组报告了他们对直径200千米的第24号小行星司理星的最新观测结果。他们都观察到了一种红外吸收特征，预示着小行星表面有薄薄的一层霜冻，还有一些未知的有机化合物。美国国家航空航天局艾姆斯研究中心的行星科学家戴尔·克鲁克香克（Dale Cruikshank）说："包括我在内的许多人在太阳系中追寻已久的东西终于被他们找到了。"

主带彗星

主带彗星是位于小行星带中的天体，它们的离心率和轨道倾角与小行星相似。但主带彗星并不是一般意义上的彗星，之所以用彗星给它命名，是因为一些主带彗星在接近近日点时会出现彗尾。

司理星会引起关注，部分原因是它的轨道和所谓的主带彗星相似——这表明它们很可能来自同一母体。主带彗星位于小行星带中，却拖着一条彗星一样的彗尾，科学家认为这是水冰升华之后形成的。克鲁克香克说，这些新发现的主带彗星，现在还要算上司理星，都是非常有趣的天体，有可能是地球海洋的来源之一。

司理星小资料

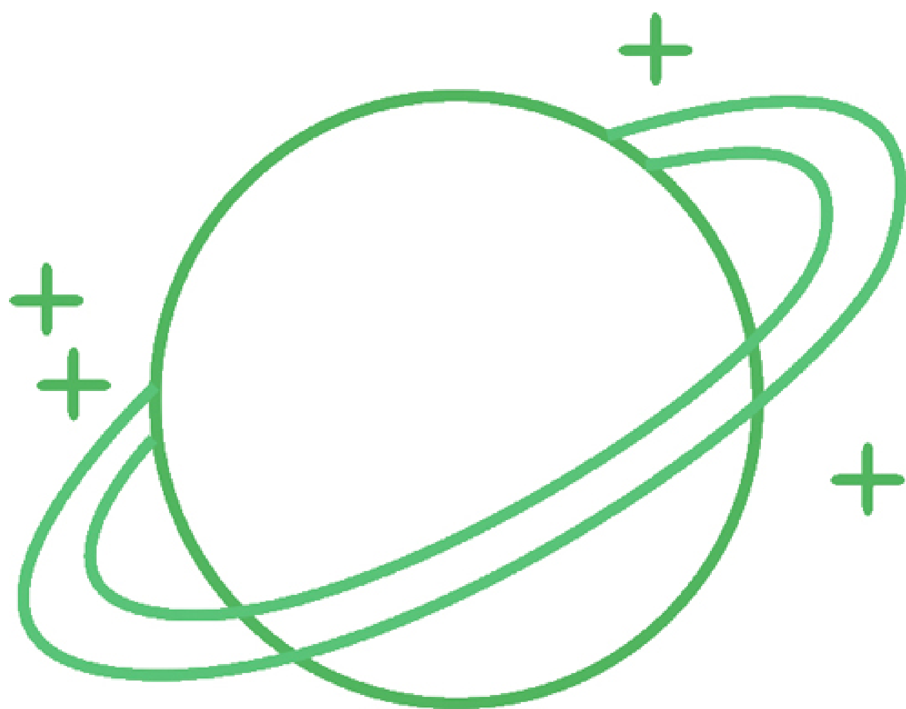
1853年4月5日，司理星被意大利天文学家安尼巴莱·德加斯帕里斯（Annibale de Gasparis）发现。此后，人们以希腊神话中秩序和正义之神的名字为其命名。司理星是人类发现的第24颗小行星，在主带小行星中是较大的一颗。近年来，科学家使用红外线望远镜证实司理星的表面有水冰存在。与此同时，科学家还检测到司理星上存在着有机化合物。

美国佛罗里达中部大学的天文学家、这项研究的合作者温贝托·坎平斯（Humberto Campins）表示，其他小行星可能也含有水冰。“也有可能司理星是独一无二的，”坎平斯说，“只是我们还不知道。”



岩石里的冰：艺术家笔下的第24号小行星司理星和两个较小的天体，其中之一是位于小行星带中的一颗彗星。观测预示司理星上存在水冰，支持了小行星给地球海洋带来海水的观点。

话题四　太阳系中的多彩乐园



人们已经开始对小行星带以外的太阳系展开探索。在那里，人们发现了一个多彩的天体乐园：木卫二上有喷泉，土卫二上起烟雾，土卫六上有湖泊。还有更遥远的矮行星、来自奥尔特云的彗星、小行星，它们都等待着人们进一步去探索。

外星生命线索：木卫二上的褐色黏质

撰文｜李·比林斯（Lee Billings）
翻译｜马骁骁

如果我们能弄清楚褐色黏性物质的成分是什么，我们就能知道水中有什么成分，以及木卫二的海洋由哪些物质组成。

木卫二表面的冰层之下很可能有外星生命存在，而这颗冰球还有另一个谜团。人们可以直接看到与这个谜团相关的物质——填满了行星表面沟壑、裂缝，以及大坑的那些“褐色黏质”。

美国国家航空航天局的柯特·尼布尔（Curt Niebur）在2015年的一次会议上介绍：“我们目前将该物质称为褐色黏质。”他还解释说，这种未知物质很可能是由木卫二地表以下的水流涌出冰层时带出来的。他说：“如果我们能弄清楚褐色黏质的成分是什么，我们就能知道水中有什么成分，以及木卫二的海洋由哪些物质组成。”这些信息对于判断该卫星是否存在生命非常重要。

凯文·汉德（Kevin Hand）和罗伯特·卡尔森（Robert W. Carlson）是美国国家航空航天局的两位行星科学家，他们认为褐色黏质可能就是海盐。和地球的海洋中含有盐分一样，木卫二上也有海盐，只不过这些海盐是由辐射烤出来的。该结论源于他们在实验室做的模拟实验。他们设置了一个超低温真空室，并用电子束照射它，以此来模拟木卫二的严苛环境。该设备被称为“罐头里的木卫二”。在真空室内，食盐样本渐渐变成了棕黄色，而且其光谱特性和木卫二上的褐色黏质非常相似。该研究已发表于2015年5月份的《地球物理通讯》杂志上。



木卫二有着纵横交错的褐色沟壑。

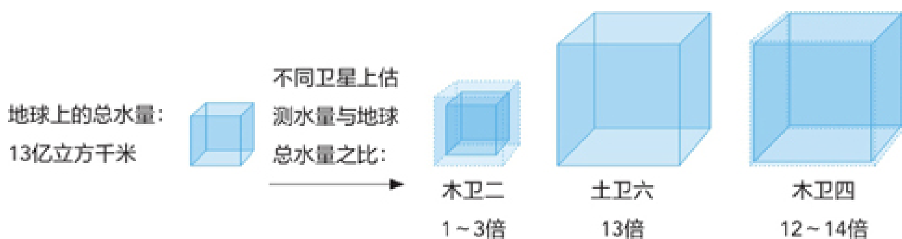
假如黏性物质确实就是被辐射过的海盐，那么这暗示着木卫二表面下的海洋和地球海洋一样，可以直接接触到岩石，也就是说海洋内可能含有足够孕育生命的矿物质。试验中，海盐在极端环境下暴露的时间越长颜色便越深。因此，科学家未来可能会直接定位于颜色较浅的黏性物质处，研究地下海洋的涌出物。美国国家航空航天局会在不远的将来开展此类探测——他们已经宣布将在下一个十年对木卫二进行探测。

太阳系多处存在液态水

撰文 | 香农·霍尔（Shannon Hall）
翻译 | 马骁骁

土卫二、木卫三等多个天体上的含水量比地球总水量的**50**倍还多。

2015年早些时候，天文学家在土星卫星土卫二的断层中发现了水蒸气喷射流和冰粒。这说明该卫星冰层下存在液态水，证实了科学家长久以来的猜测。很快，另一个研究团队在木星最大的卫星木卫三上又发现了地下海洋存在的迹象。2016年，美国国家航空航天局也发表了迄今为止最可信的火星上存在液态水的证据。现在看上去太阳系中到处都存在着液态水，而这可是生命存在的最重要条件之一。光是已确认的这些海洋中的含水量就比地球上总水量的50倍还多，而这个数字可能还会进一步增大。



木卫二上真的有喷泉？

撰文｜李·比林斯（Lee Billings）
翻译｜李想

木卫二上疑似有“喷泉”从厚厚冰层下喷出，这意味着科学家不必钻穿厚度未知的冰层，就能分析这片海洋的有机化学成分，甚至探测其中的生命迹象了。

《天体物理学杂志》（*The Astrophysical Journal*）上的一项最新研究表明，木卫二上被冰层覆盖的海洋似乎在间歇性地向外喷发水蒸气。这意味着，潜藏在近10万米的厚冰层下的木卫二海洋，可能比之前预想的更适于孕育生命。对天体生物学家来说，他们也更容易开展相关研究了。

“如果木卫二上真有喷涌出的水蒸气，那就非同小可了。这意味着科学家不必钻穿厚度未知的冰层，就能分析这片海洋的有机化学成分，甚至探测其中的生命迹象了。”这项研究的领导者、任职于美国太空望远镜科学研究所的威廉·斯帕克斯（William Sparks）说。

这些水蒸气还暗示，木卫二表层下可能存在一个能维持生命活动的热源。

2013年末至2015年初，斯帕克斯的研究小组在木卫二经过木星表面时，借助哈勃空间望远镜的成像摄谱仪进行了10次天文观测。在紫外线下，木卫二的冰层呈暗色，研究人员可以借此从木星亮白柔和的云层图中寻找水蒸气柱的轮廓。经过大量的图像处理，在木卫二暗区的南端边线上似乎可以看到3处紫外谱的阴影。如果这些阴影的确是水蒸气柱而非哈勃空间望远镜的仪器故障所为，那么总计约有上千吨的水喷射到了距木卫二表面近200千米高的地方。



斯帕克斯坦言，他们小组的观测结果存在不尽如人意的地方。“这些观测结果已经达到了哈勃空间望远镜的极限，”他说，“我们并不是宣称已经证实了水蒸气柱的存在，只是提供了它们可能存在的迹象。”

2014年《科学》杂志上也报道了这类水蒸气柱的存在，但后续的观测又显示喷发似乎已经停止，或从未有过。“就这一点来看，新的观测与之前的结果相符。”佐治亚理工学院的行星科学家布里特妮·施密特（Britney Schmidt，未参与此项研究）说。

这样的谨慎是合理的，木卫二上是否存在水蒸气柱，将在很大程度上影响行星际探索的未来，包括为新探索任务所准备的数十亿美元的去向。

美国国家航空航天局和欧洲空间局已经计划在2020年前后向这颗诱人的木星卫星进发了。

土卫二冒烟了

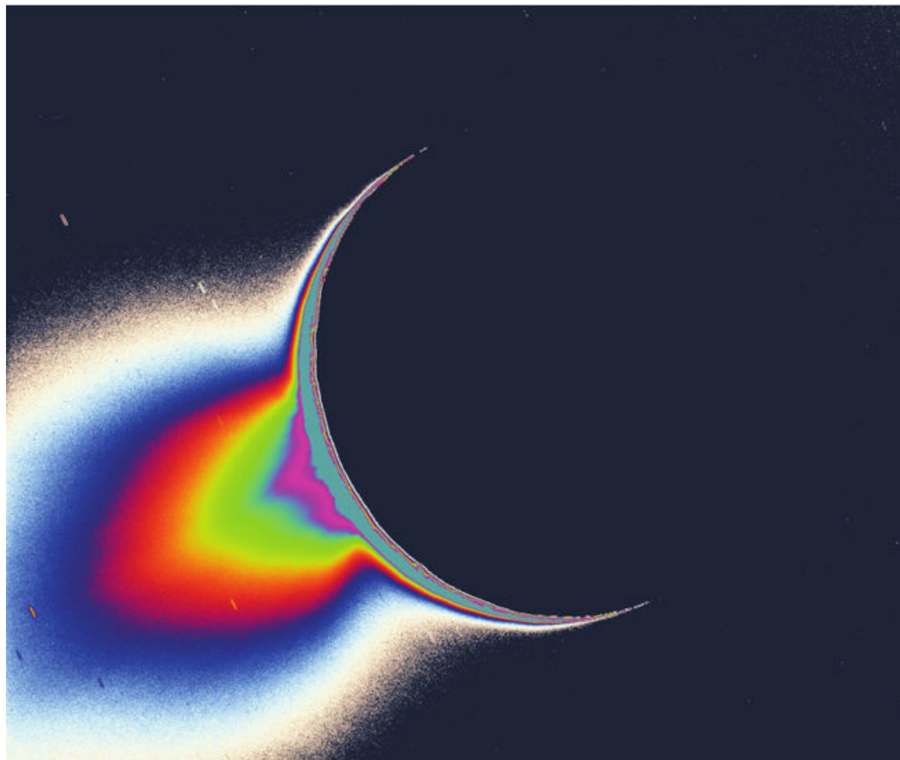
撰文｜乔治·马瑟（George Musser）
翻译｜虞骏

没有人知道直径仅有**500**千米的土卫二为什么会冒烟，或者说，为什么看起来没什么能量的土卫二上面还有活火山。也许这种神秘的现象正是土卫二的魅力所在。

土星的卫星土卫二，渐渐成为了“卡西尼号”探测任务中的明星。2005年的观测曾经显示，缕缕水蒸气和尘埃高悬在这颗卫星的南半球上空，滋生出一个稀薄的大气层，还产生出一条土星光环。2006年，“卡西尼号”的相机已经将这些喷发出的烟雾拍了个现形。它们似乎是从“虎纹”中喷发出来的。这些被称为“虎纹”的平行裂纹在红外图像中明显发亮，那正是散热的信号。土卫二因此成为了太阳系中第四个已知拥有活火山的天体——前三个是地球、木星的卫星木卫一和海王星的卫星海卫一。没人敢断言是什么驱动了它的地质活动，并造成了如此严重的南北不对称性。因为土卫二非常小，直径仅有500千米，来自地底深处的热量应该在很久以前就已经散发干净了，而潮汐力似乎也无法单独完成这项任务。2008年3月，当“卡西尼号”再一次近距离飞越土卫二时，它提供了更多的细节照片。

“卡西尼号”

“卡西尼号”土星探测器以天文学家乔瓦尼·卡西尼（Giovanni Cassini）的名字命名。它于1997年10月发射升空，2004年7月进入土星轨道。其主要任务是对土星及其大气、光环、卫星和磁场进行深入考察。



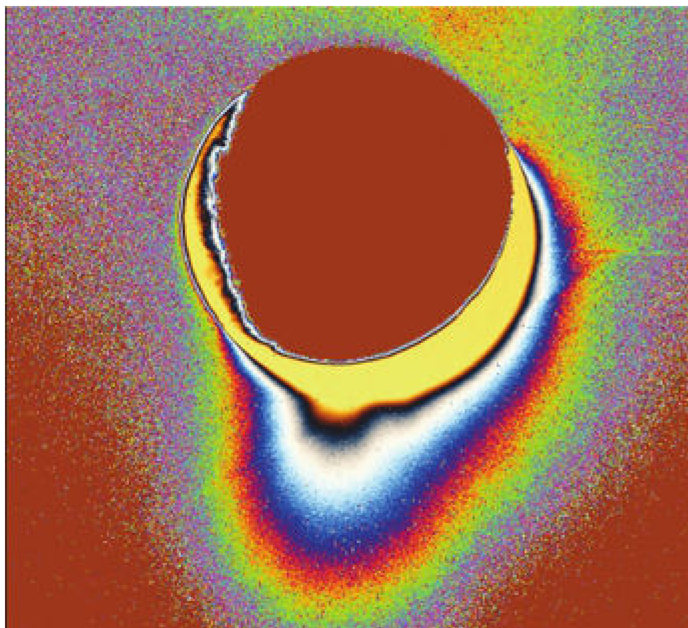
土卫二喷出了烟雾。照片经过了色彩增强，以突显出轮廓。

土卫二有生命吗？

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | 阿沙

人们已经知道土卫二喷射出的物质含冰，这更增添了这颗星星的神秘色彩，也让我们对它有了更多期待。“卡西尼号”及后续的探测器将有可能发现土卫二的秘密，或许到那时候我们就知道它上面是不是有生命了。

在土卫二南极点喷发出的“冰间歇泉”，暗示着极地下面很可能存在一个地下海洋。2005年，“卡西尼号”土星探测器在3次飞越土卫二时，侦测到一股冰粒和尘埃的喷发，那是从南极裂缝处喷射出的、高达几千千米的、包裹了整个星球表面的“冰喷泉”。喷出的大部分冰粒和尘埃已经回落，像白雪一样覆盖在已经支离破碎成房间大小的巨型冰块的冰原表面。其余冰尘，则逃逸出土卫二自身的引力范围——很明显，它们最终会归入位于土星光环最外侧的、直径30万千米的蓝色E环。科学家们推断，与美国黄石国家公园里的间歇泉老实泉一样，土卫二的间歇泉主要由地下深处的热量推动。土卫二内部使间歇泉得以喷发的热量，可能是移动的、冰川状的构造板块和潮汐力共同作用的结果。这种运动，暗示了地表冰层以下约10米或者更浅处有一个液态海洋。科学家们在2006年3月10日的《科学》上发表论文，推测这个地下海甚至可能孕育着生命。



土卫二喷发出的间歇泉，看起来很像是“卡西尼号”拍照时颜色出了问题。

间歇泉

间歇泉是一种很特殊的泉，是由于地壳深处的热量推动，使泉水喷发，间歇性地涌出地表而形成的。

冰封的世界——土卫二

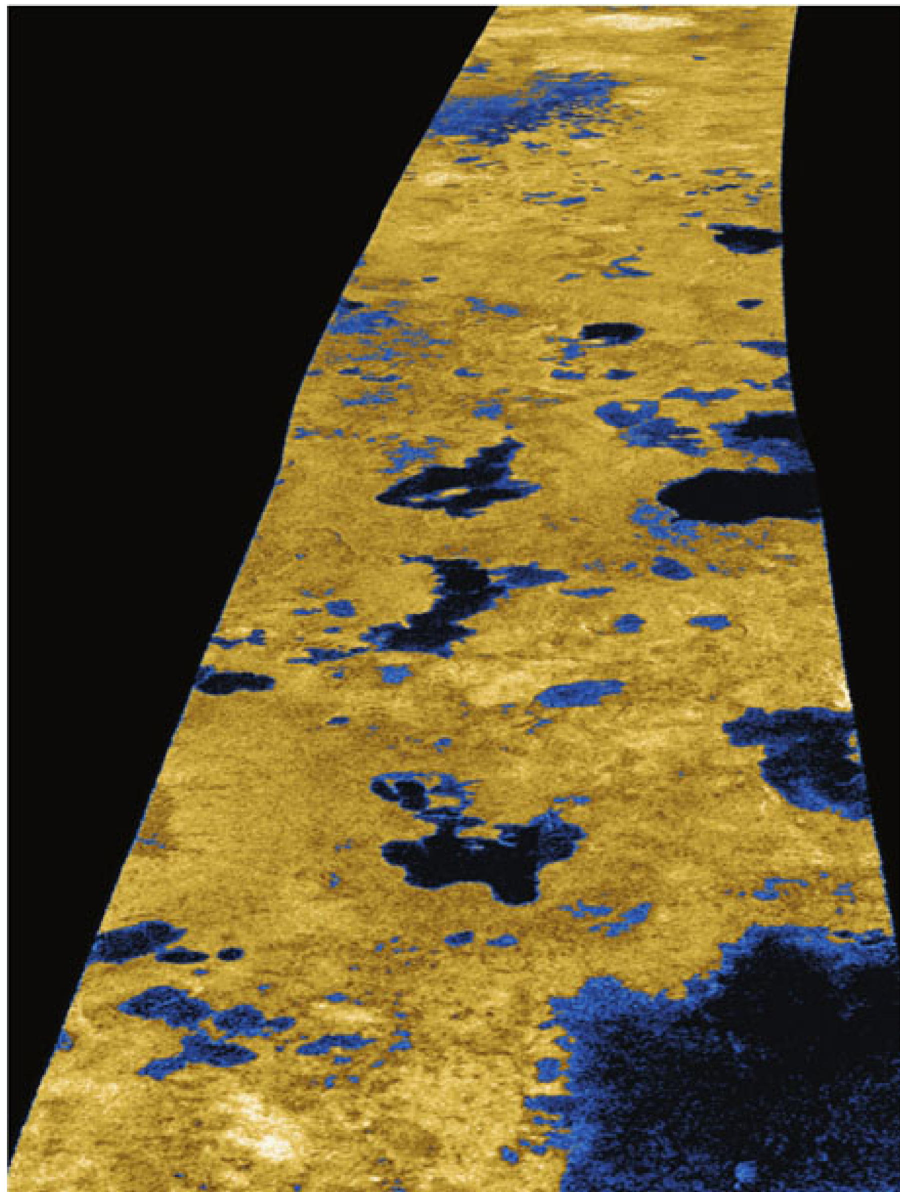
土星的第六大卫星土卫二，是一个被冰覆盖的卫星。它的表面较为光滑。因为几乎能百分之百地反射太阳光，所以它看起来非常明亮。这个体积不太大的土卫二，表面却有槽沟、悬崖和山脊等多种地质构造。这表明土卫二并不是一颗死气沉沉的星球，它很可能还存在着地质活动。但想要从理论上解释清楚这些地质活动却很难。直到“卡西尼号”土星探测器发射并对土卫二进行观测后，谜一样的土卫二才慢慢揭开了它神秘的面纱：土卫二至今仍存在地质活动，而且还有喷射冰的间歇泉存在，这也为外星生命探索提供了线索。

土卫六的甲烷湖

撰文｜戴维·别洛（David Biello）
翻译｜张博

“卡西尼号”土星探测器发现，土卫六的表面上分布着大大小小的湖泊。不过，这些湖泊里可没有水，里面全是液态甲烷。

土星的神秘卫星——土卫六（泰坦）上，笼罩着一层浓厚的烟雾。根据这些烟雾研究人员猜测，土卫六的表面应该存在液态甲烷，但探测器一直没有发现它的踪迹。“卡西尼号”土星探测器通过2006年进行的雷达成像观测，终于在土卫六的北极附近，发现了75个类似湖泊的区域，有些区域宽达70千米。科学家相信，这些区域是被液体填充的洼地，因为那里的温度（-179℃）和压强（1.5倍地球大气压）适合甲烷及乙烷以液态的形式长期存在。这些湖泊中的“水”，可能来自储藏于地下的液体，也可能来自蒸发之后又以烃雨的形式落回地表的“雨水”。这一发现是2007年1月4日的《自然》杂志公布的。



在经过电脑着色处理的“卡西尼号”土星探测器拍回的雷达图像上，可以看到土卫六表面点缀着甲烷湖泊。

未来的生命乐土——土卫六

土卫六是众多科幻电影和科幻小说中的明星，而它之所以令人着迷，并不只是因为它是已知的土星卫星中最大的一颗，更是因为它与地球有很多相同之处。和地球一样，土卫六也被浓厚的大气层包围着，而且它的大气层主要由氮气组成。浓厚的大气对观测造成了困难，但这也激起了人们的好奇心。在“卡西尼号”发射之前，人们就了

解到它上面可能存在湖泊，也会下雨。这引起了人们的猜想：土卫六极有可能存在生命。而“卡西尼号”的探测让人们对土卫六有了更为清晰的认识，也引发了更多关于生命存在与否的争论。虽然有关土卫六上生命的探讨尚无定论，但有科学家相信：再过几十亿年，那里将成为生命的乐土。

土卫六上有波浪

撰文｜克拉拉·莫斯科维茨（Clara Moskowitz）
翻译｜王栋

在土卫六上发现的波浪表明，这个星球上存在液态甲烷湖泊，这有可能是另一种生命形式的“摇篮”。

土星最大的卫星土卫六（泰坦）和地球有许多相似之处，比如都有云、雨和湖泊。此外，科学家还发现了两者之间的另一个相似之处：它们上面都有波浪。美国国家航空航天局的“卡西尼号”土星探测器携带的相机，在土卫六的一个最大的甲烷湖上拍到了看起来像是波浪的形态——这是科学家寻觅了很长时间后，首次发现这样的形态。

“说实话，找了这么久，我差点就要绝望了。”美国爱达荷大学的物理学家贾森·巴恩斯（Jason W. Barnes）说。2014年3月，他在美国得克萨斯州举行的第45届月球与行星科学大会上展示了自己的新发现及相关证据。一旦得到证实，这将是人们首次在地球以外发现波浪。

巴恩斯的研究组从土卫六北部名为“蓬加海”的湖泊所反射的太阳光中，发现了一种特定模式，并认为那是由2厘米高的波浪造成的。不过，其他研究人员指出，还有一种可能也可以解释这种模式：蓬加海也许并非深湖，而只是一片泥滩，泥滩表面的浅层液体或许也能导致这种特殊的光反射模式。“虽然新发现非常吸引人，但还没有被证实。”美国康奈尔大学的行星科学家乔纳森·卢宁（Jonathan Lunine，他并未参与此项研究）说。

如果土卫六上的确有波浪，这将有着重大意义。因为这意味着，土卫六上存在含有大量甲烷和乙烷（这颗卫星上最主要的液体组成物质）的深湖。如果土卫六上存在生命，它们很可能还处于原始形态，而最有利于最初生命形式存在的环境，就是大容量的液体——足以形成波浪的那种。



土卫六上的湖泊到底有多深？

另外，如果土卫六上确实存在液体，也有利于在土卫六上顺利开展太空探索任务，寻找地外生命。毕竟，在液体上着陆，肯定要比在黏稠的物质或者坚硬的地面上容易些。

科学家希望确认，他们现在看到的特殊光反射模式，是否的确由波浪造成。如果波浪真的存在，它的高度很可能会超过2厘米，未来探测器应该能捕捉到关于波浪更明确的证据。

土星环正在孕育新卫星

撰文 | 肯·克罗斯韦尔（Ken Croswell）
翻译 | 王栋

观测数据显示，土星环似乎正在孕育一颗新的小卫星。通过这颗小卫星科学家或许将破解行星诞生之谜。

因拥有美丽行星环而闻名的土星，坐拥多达62颗卫星，卫星数雄冠太阳系。在这些卫星中，大的比如土卫六“泰坦”，个头超过了水星；小的则只与“泰坦尼克号”邮轮相当。现在，天文学家或许正在目睹他们之前从未见过的一幕：在土星极其壮美的行星环中，一颗新卫星正在“诞生”。

“这是一个偶然的发现。”英国伦敦大学玛丽皇后学院的行星科学家卡尔·默里（Carl Murray）介绍。2013年4月，在查看“卡西尼号”土星探测器最新拍摄的土星照片时，他注意到A环（土星三个主环中最外侧的环）的边缘有一个超过1,000千米长的明亮特征。

在2014年7月1日的《国际太阳系研究杂志》（*Icarus*）上发表的论文里，默里和同事推测，这个亮斑或许表明一颗新卫星正在那里努力“生长”。这颗新卫星的直径应该不到1,000米，因其太小所以无法直接看到。直到2013年，某个物体撞击到这颗新卫星，由此产生的光才最终引起了他的注意。如果把土星环比为卫星“母体”的话，A环已经“成熟”到足以“孕育”新卫星了，因为位于该环外的一颗更大的卫星——土卫十“杰纳斯”的引力作用，会使环外缘的物质颗粒倾向于聚集在一起。如果这些颗粒结合成一个足够大的团块，它们自身的引力就能吸引更多的物质，最终形成一颗卫星。默里认为，这颗卫星刚刚“诞生”不久，但还不确定这个“不久”是仅仅数年，还是已经有数百万年了。

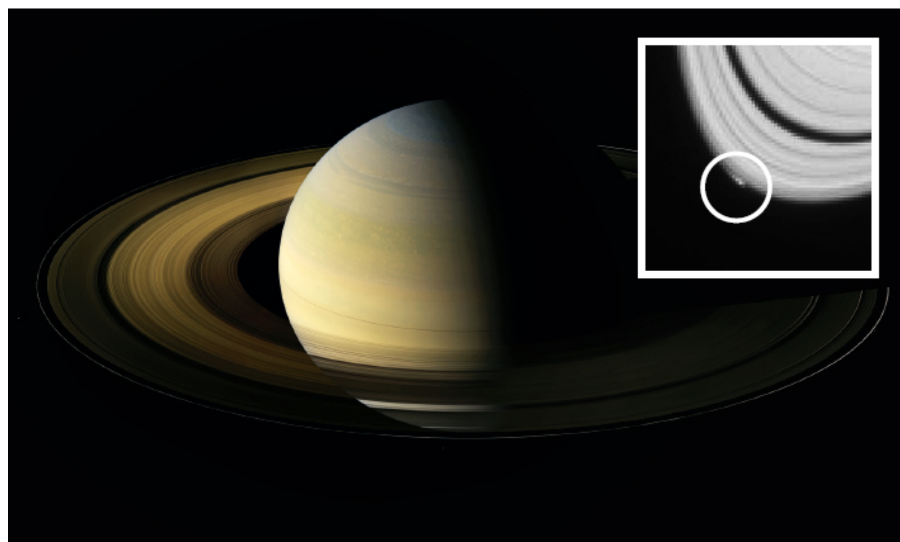
美国国家航空航天局艾姆斯研究中心的杰夫·库齐（Jeff Cuzzi，未参与此项研究）认为，默里的发现极可能是一颗新生卫星。库齐说，现在更重要的问题是预测这颗卫星的命运：它会成功飘出土星环，成为土星众多卫星中的正式一员，还是会最终崩溃瓦解呢？

这颗“初出茅庐”的卫星仍然面临着不少考验。因为研究人员认为它

和土星环一样，是由水冰构成的，所以在未来的数百万年里，它有可能被小行星撞得粉碎。

默里希望通过探测器拍摄的高质量影像，直接看到这颗卫星。土星环系统和年轻恒星的原行星盘类似，它们都是扁平状，而且都围绕一个大质量的天体运转。

卫星的形成能够为研究行星如何诞生提供线索。因此，土星环或许能为遍布整个银河系的新生行星系统提供一个微尺度的模型。



土星环上的一个明亮斑块或许表明，那里存在一颗新生卫星。

卫星起源于行星环

撰文 | 约翰·马特森（John Matson）
翻译 | 王栋

太阳系中的卫星，或许是由很久以前围绕在行星周围的小碎块结合而形成的。

卡尔·萨根曾说过："如果想从头做一个苹果派，第一步先得创造出宇宙。"而最新的研究表明，如果想从头弄出一个卫星来，就必须先创造出带有行星环的行星。（当然第一步还是得先创造出宇宙。）

法国天文学家最近得出一个结论：地球的卫星——月球，以及其他行星的众多普通卫星（指离母行星较近，位于近赤道轨道的那些卫星），可能是从很久以前的行星环系统（就像现在仍环绕着土星的环）中逐渐演化而来，而并非通常所认为的，卫星是在行星形成过程中，和行星几乎同步一次性形成的。研究人员在2012年11月的《科学》杂志上公布了这一发现。

通过理论建模，法国尼斯－索菲娅·安蒂波利斯大学的奥雷利安·克里达（Aurélien Crida）和巴黎狄德罗大学的塞巴斯蒂安·沙尔诺（Sébastien Charnoz）发现，卫星的形成过程开始于行星环的边缘。在那里，卫星逐渐形成，并且在形成的过程中不会由于行星的引力而破碎。在向外飘移之前，许多小的卫星团块已经由环中物质聚合而成了。这些小团块在环系统中越来越多，相互碰撞结合，形成体积更大的团块。在旋转着远离行星向外运动的过程中，它们就可能逐渐进一步彼此结合，最终形成卫星。

这个新的假说似乎能够解释，土星、天王星和海王星的普通卫星的一个关键共同点，即离母行星较远的卫星总是比较近的卫星质量大。就像一个雪球沿山坡滚下一样，在远离行星及其行星环的过程中，处于合并状态的卫星团块会吸收、结合更多的物质，变得越来越大。最终，一个有着完美秩序的卫星系统将会形成：较小的卫星由较少的小卫星团块聚合形成，位于内层轨道；大卫星则由大量小卫星团块组成，处于更远的外层轨道。

行星科学家通常接受的观点是，地球形成早期曾有过一次剧烈的天体碰撞。在这次碰撞中巨量的物质云被抛射到了宇宙中，最终形成了我们的月球。而在克里达和沙尔诺的观点里，这些抛射出的物质最初平铺成绕地球的一个行星环，接着它才扩散开来并逐渐聚合形成月球。

这个新设想也有瑕疵。例如，如果天王星和海王星也曾具有类似土星那样复杂而巨大的环系统，那这些环系统现在到哪里去了？“我们想出了一些解释，但它们都还没有足够的说服力，”克里达说，“但我相信，我们能找到解释这些行星环消失的原因，揭开这一谜题的铁证仍将是卫星。”



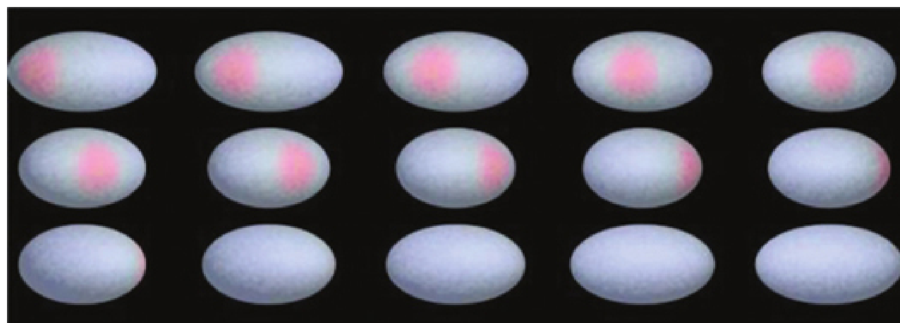
土星环

矮行星上的暗红色斑

撰文 | 虞骏

在飞快自转的妊神星表面，科学家发现了一个暗红色斑。这究竟是什么呢？答案尚待揭晓。

妊神星是太阳系里最奇特的矮行星，在海王星外已知天体中排名第4，大小仅次于阋神星、冥王星和鸟神星。不过，它的自转速度是同类天体中最快的——“一天”只相当于地球上的3.9个小时。科学家推测，这可能是10多亿年前发生的一场天体碰撞的结果。如此快速的旋转把妊神星甩成了一个“橄榄球”，星体三轴的长度分别为2,000千米、1,600千米和1,000千米。在2009年9月16日召开的欧洲行星学大会上，英国贝尔法斯特女王大学的佩德罗·拉塞尔达（Pedro Lacerda）介绍，他们在妊神星的表面发现了一个暗红色斑。由于妊神星距离地球超过70亿千米，望远镜无法分辨任何细节，因而暗斑的存在是根据妊神星的亮度随自转的变化而推测出来的。科学家还无法确定暗斑的真实身份，它有可能是那场天体碰撞留下的遗迹，也可能是妊神星上矿物和有机物富集的地区。



橄榄球形的妊神星上存在一个暗红色斑。

不是彗星惹的祸？

撰文 | 约翰·马特森（John Matson）
翻译 | 谢懿

遥远的奥尔特云被认为是彗星发源地，那里的彗星经过漫长的旅程，通过木星和土星的层层阻挠，冲进太阳系，甚至与地球发生亲密接触。它们是怎么踏上这条轨迹，进入太阳系内部区域的？一个新的彗星形成机制告诉我们，从内奥尔特云散射的彗星受到星际空间引力摄动，就可以绕过木星或土星，安身于太阳系内。

奥尔特云到太阳的距离远远超过冥王星的轨道半径。那里的冰质尘埃团块有时会受到驱赶，拖着长长的尾巴以彗星的形式闯进内太阳系。受到从太阳附近经过的恒星，以及其他银河系中的相互作用的影响，一些扰动足以把奥尔特云中的彗星送入一条会从地球身边呼啸而过，甚至会与地球相撞的轨道。新的数值模拟已经揭示出一种彗星进入内太阳系的新机制。模拟结果还暗示，彗星雨可能和地球上的大规模生物灭绝事件并没有太大联系。

彗星的运动很大程度上取决于木星和土星：它们巨大的引力场往往会让小天体远离地球。传统观点认为，能够绕过木星和土星围堵的彗星必定来源于奥尔特云外围，因为只有在那里，来自太阳系外的摄动才能发挥最大的影响，把彗星送入周期长达数百年的长椭圆轨道。这种理论还认为，只有在其他恒星近距离擦过太阳而造成彗星雨期间，极强的引力扰动才能把内奥尔特云的彗星送入内太阳系。

美国华盛顿大学的内森·凯布（Nathan Kaib）和托马斯·奎因（Thomas Quinn）进行的计算机模拟，颠覆了先前的这一观点。他们发现，即便在没有大的扰动造成彗星雨的情况下，能成功穿越木星-土星壁垒的彗星实际上也有很多来源于内奥尔特云。确切地说，他们发现，通过与大质量行星的相互作用，内奥尔特云中距离相对较近的天体可以被散射到奥尔特云的外围。这些彗星突然被“踢入”一条周期更长的轨道，从而受到更大的、来自于星际空间的引力摄动。一段时间后，当彗星再次回到行星附近时，轨道又会发生大幅变化，引导它们从木星或

土星身边滑过。凯布说："它们基本上都能够成功穿越木星 - 土星壁垒。"

凯布和奎因估计，我们观测到的来自于奥尔特云的彗星，有半数以上是通过这种途径来到我们附近的。其他研究者对这一模拟结果也表示赞同。美国喷气推进实验室的资深科学家保罗·韦斯曼（Paul Weissman）说："这种被我们称为'动力学路径'的机制确实可行，影响也可能非常深远。"



彗星引发的骚乱：一种可以用来解释彗星如何穿越木星和土星的新机制认为，这些冰质天体对地球上生物大灭绝事件所起的作用并不大。

美国普林斯顿高等研究院的天体物理学家斯科特·特里梅因（Scott Tremaine）说，这一研究为彗星形成的标准模型和观测之间的差异提供了一种解决途径。特里梅因说："差异之一是，（按照传统观念）彗星的形成过程效率极低。为了使所形成的彗星数量达到我们的观测值，太阳系原行星盘的质量就必须很大，但这样大的质量似乎与其他方法得到的最佳估算值不相符。"

凯布和奎因根据他们新发现的机制和观测到的彗星数量，估计出了内奥尔特云中物质总量的上限。然后，他们建立了一个统计模型，估算有多少彗星会在过去几亿年来的彗星雨中击中地球。他们的结论是：大规模彗星雨非常罕见，由此造成的地球生物大灭绝事件可能不会超过一

次。

用彗星动力学来解释地球上的生物灭绝历史，可能会遭受一些争议。韦斯曼注意到，凯布和奎因在分析灭绝事件时考虑的是彗星雨，而非通常情况下所考虑的彗星。而且，就算彗星雨出现的次数减少，也排除不了彗星在生物灭绝中所起的作用。他解释说，要引发一场生物大灭绝，根本不需要许多小彗星像下雨一样接连撞击地球，一颗大彗星撞过来就足够了。

原行星盘

原行星盘是环绕在新形成的年轻恒星周围的气体尘埃盘，在恒星形成过程中普遍存在。

太阳“诱拐”小行星赛德娜

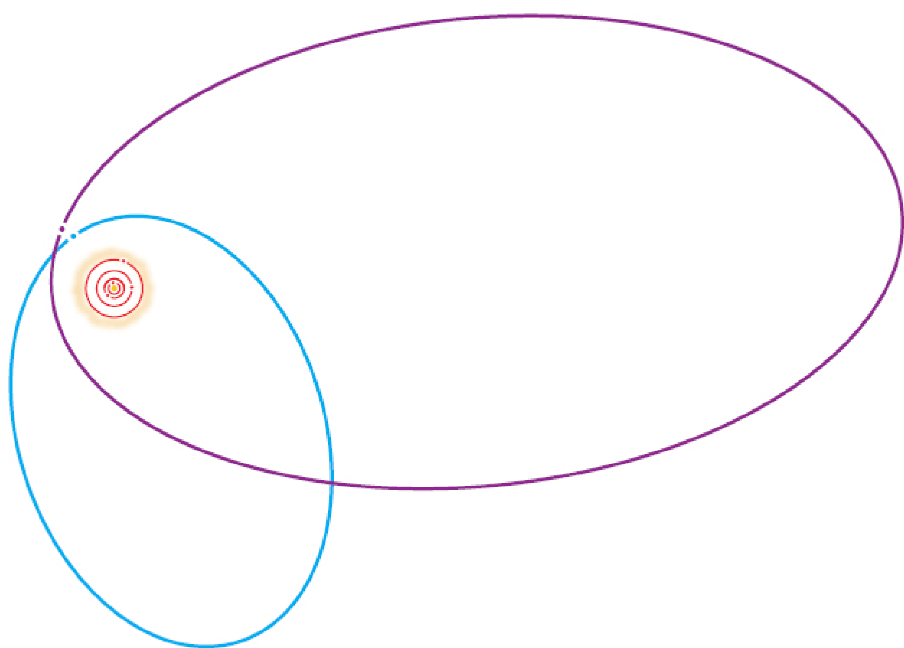
撰文｜肯·克罗斯韦尔（Ken Croswell）
翻译｜马骁骁

小行星赛德娜很可能是太阳从别的恒星那里“偷”来的。不过这还有待确认。如果不是这样，那我们就冤枉太阳了。

小行星赛德娜于2003年被发现，是当时已知的最遥远的太阳系行星。它的轨道非常特别，即使在近日点也离大行星轨道很远。这暗示着，赛德娜可能有过特别的经历。这颗小行星是怎么进入太阳系的呢？最新的模拟计算表明，它很有可能是太阳从别的恒星那里夺来的。

在2012年，天文学家发现了另一个更小的天体，它的轨道更为扁长，距太阳也更远。这个天体为破解赛德娜的身世之谜提供了线索。荷兰莱顿天文台的天文学家露西·伊尔科娃（Lucie Jílková）和西蒙·波特吉斯·兹瓦特（Simon Portegies Zwart）决定研究赛德娜和这个与其相似的“小弟”——2012VP113，看它们是否可能来自别的恒星。伊尔科娃说：“我们的计算结果表明有这种可能。”科学家甚至重现了太阳当年抢夺这两颗行星的“犯罪场景”，并计算了“受害”恒星的相关属性。他们将这颗恒星命名为“恒星Q”。

在投给英国《皇家天文学会月刊》（*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*）的论文中，他们是这样描述的：恒星Q的质量一开始要比太阳大80%，它掠过太阳附近时距我们约340亿千米，即海王星轨道半径的7.5倍。这意味着恒星Q很可能和太阳源自同一团物质。尽管恒星Q现在依然存在，但由于质量很大，它可能早已燃尽，失去了自己的光芒，变成了一颗不易被发现的白矮星。



赛德娜（紫色）和2012VP113（蓝色）的轨道最近点也远在四个巨行星的轨道以外，甚至没有靠近冥王星所在的柯伊伯带（橙色）。

美国哈佛－史密森天体物理学中心的天文学家斯科特·凯尼恩（Scott Kenyon）认为，该研究结果“有力”地说明了赛德娜是被太阳从其他恒星那里捕获而来的。但美国加州理工学院的天文学家、赛德娜的发现者迈克·布朗（Mike Brown）却认为，赛德娜更有可能本就来自太阳系，不过由于受到其他恒星的引力牵引而被拉到现在遥远的位置。这种解释更为简洁。

在天文学家发现更多遥远的太阳系天体之前，这个问题很可能会没有答案。布朗说：“假如能发现十几个这样的天体，那么到时候大家的困惑应该可以解除。”假如这些天体都来自恒星Q，那它们的近日点应该都在太阳的同一侧。但若事实并非如此，那我们可能就冤枉太阳了。

话题五　太阳系外的熟悉面孔



居住在太阳系的我们，总怀有这样的想法：在宇宙中，我们是否是孤独的？在浩瀚的宇宙中，是否也有类似太阳系的星系，或是类似地球的行星？那里是否有生命存在？只要人类探索的脚步不停止，或许在不久的将来，我们就能发现遥远宇宙中的生命。

钻石“地球”

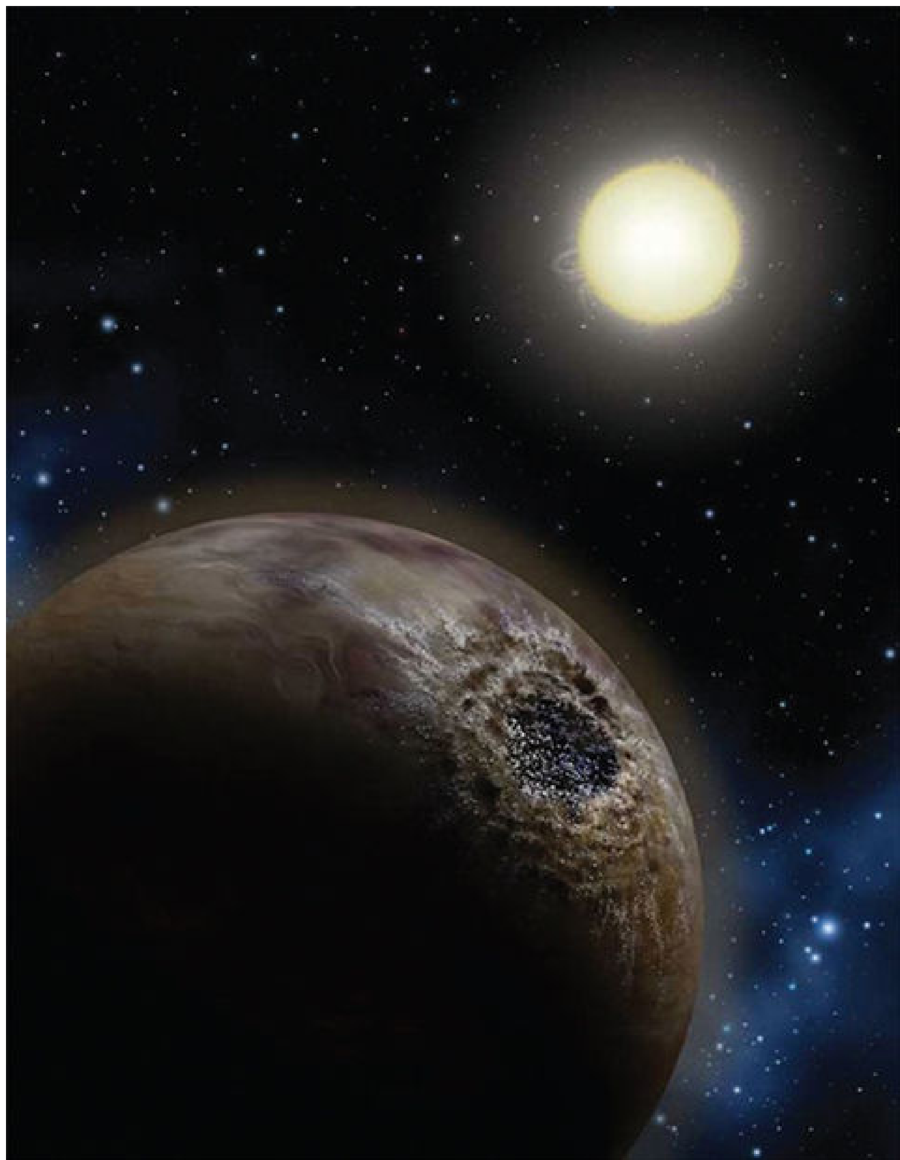
撰文｜乔治·马瑟（George Musser）
翻译｜谢懿

寻找与地球类似的行星，就是在为地球生命寻找未来的避难所。这样的避难所——“类地行星”上，含量最高的元素可能是碳，地壳可能由石墨组成，地壳内部则充满钻石和其他晶体，海洋的成分很可能是焦油。

天文学是一门另类的科学，天文学家最想找到的是很平淡无奇的东西——类地行星，残酷宇宙中适宜生命生存的另一个避难所。2009年3月发射的开普勒望远镜是迄今在类太阳恒星周围寻找类地行星的最佳工具，而现已发现的太阳系外行星大多是气态巨行星。许多人预言，不久之后科学家将发现太阳系外的第一批“地球”。但现在已知的这些巨行星与天文学家原先的预想大相径庭。或许这本身就暗示着，太阳系外的“地球”说不定跟我们的地球大不一样。

近年来，理论学家已经意识到，质量跟地球相当的其他行星可以是一颗巨型水珠、一个巨型氮气球，或者一大块铁。随便写出一种你喜欢的元素或者化合物，都可以用它们“造”出一颗行星。这些行星存在的可能性，很大程度上取决于碳和氧的比例。这两种元素是排在氢、氦之后宇宙中最常见的元素。在行星系统的胚胎时期，它们会结合成一氧化碳成对出现。在数量上稍稍胜出的元素，最后将主宰行星的化学组成。

在我们的太阳系中，氧占据了主导。虽然我们倾向于认为，地球是以生命要素碳为基础的，但其实碳只是少数派。类地行星实质上由富含氧的硅酸盐构成，外太阳系则充斥着另一种富含氧的化合物——水。



围绕其他恒星旋转的类地行星可能并非由石头构成，而是由碳组成——地壳是石墨，内部是钻石，海洋则充斥着焦油。

一项新的研究向我们详细展示了太阳系中的碳输掉这场比赛的过程。任职于美国亚利桑那大学和美国行星科学研究所的杰德·邦德（Jade C. Bond）、任职于美国亚利桑那大学的丹蒂·劳蕾塔（Dante S. Lauretta）及任职于美国行星科学研究所的戴维·奥布赖恩（David P. O’Brien），模拟了太阳系形成过程中不同化学元素在其中的分布。他们发现碳以气态形式出现在原行星盘中，最终会被吹入深空；胚胎期的地

球根本挽留不住它们。我们身体里的碳必定是后来由小行星或彗星带来的，这些天体在形成时所处的环境使它们留得住碳。

2005年，当时任职于美国普林斯顿大学的马克·库克纳（Marc Kuchner）和当时任职于美国卡内基科学学会的萨拉·西格（Sara Seager）指出，如果碳氧平衡偏向另一侧的话，地球就会变得完全不同。地球不再会由硅酸盐组成，而将由碳化硅之类的碳基化合物和真正的纯碳构成。地壳将主要由石墨组成，地下几千米处的压力足以将石墨转变成钻石和其他晶体。一氧化碳或甲烷冰将会取代水冰，焦油则可能会形成海洋。

银河系中可能充斥着这样的行星。按照邦德引用的巡天观测数据，拥有行星的其他恒星平均碳氧比要高于太阳，她的小组所做的模拟也预言，绝大多数这样的行星系统会形成碳行星。邦德说："有些恒星的化学构成跟太阳有着巨大的差异，由此形成的类地行星在组成上也会与地球大相径庭。"

当然，其他巡天观测已经发现，太阳在它所属的这类恒星当中是非常普通的。不过开普勒望远镜或许可以解决另类行星的问题，因为即使它能提供的有关太阳系外行星的信息很有限，差不多只有质量和半径，那也足以透露它们的大致构成。

在更加奇特的环境下，比如在白矮星和中子星周围，碳地球可能会变得尤为普遍。银河系中某些富含重元素的区域，例如银河系中心，会具有较高的碳氧比。随着时间的流逝，恒星不断地制造出重元素，这个天平将会进一步向碳倾斜。

诸如此类的天文发现改变了我们对于平常和不平常的观念。银河系中的绝大部分物质是暗物质，绝大多数恒星要比我们的太阳更红、更暗弱。现在看来，似乎其他的地球也可能不再和我们的地球相似。如果说有什么事物偏离了"正常"而要被称为"另类"的话，那就是我们自己。

钻石构成的星球

撰文｜约翰·马特森（John Matson）
翻译｜王栋

在我们满怀信心地踏上寻找类地行星的发现之旅时，也许没有想到，那些围绕各自“太阳”旋转的陌生星球有多么千奇百怪，就连组成这些星球的化学成分也同地球大不相同。在另一个主要由碳构成的星球上，珍贵稀有的物质很有可能不是钻石，而是水。

在我们的太阳系之外，还有其他遥远的行星在围绕着它们的“太阳”旋转。虽然对那些陌生星球的研究才刚刚起步，但是科学家们已经发现了数百个同我们地球完全不同的世界：令木星都相形见绌的巨行星，被母恒星炙烤得如火红石块般的岩石行星，还有蓬松的、密度和苔藓差不多的诡异行星。

虽然人们通常认为，还应该存在看起来和地球类似的太阳系外行星，但映入我们眼帘的却总是超乎想象的奇异世界。在那里，稀有元素（相对地球来说）遍地都是，而常见元素却十分罕见。

以碳为例。碳是构成有机物的关键元素，同时也是一些对人类来说最为珍贵物质（例如钻石和石油）的主要成分。虽然碳极其重要，但是它的含量却不高：在地球组成物质中所占的比例还不到0.1%。

不过，在另一个星球上，碳也许就像尘土一样随处可见。事实上，在那里碳和尘土或许就是一回事。近期发现的一颗距我们40光年的太阳系外行星，很可能就是一个那样的世界。在那里，碳元素占其物质组成的大部分，并且在行星内部，巨大的压力会让数量可观的碳元素形成钻石。



这颗被命名为“巨蟹座55e”的行星可能拥有一层数百千米厚的、由石墨组成的地壳。“如果能钻到这层地壳下，你将会看到厚厚的一层钻石！”美国耶鲁大学时任博士后研究员的天体物理学家尼库·马杜苏丹（Nikku Madhusudhan）说。这一钻石结晶层可以占到该行星地层厚度的1/3。

这种“碳世界”的独特构造，源自与我们地球完全不同的行星形成过程。如果太阳里的元素组成能够作为参考的话，最初孕育我们太阳系中行星的原始尘埃和气体中，氧元素的含量应该约为碳元素的2倍。实际上，地球上的岩石的确多由富含氧元素的硅酸盐矿物构成。然而天文学家已经确认，在“巨蟹座55e”围绕旋转的恒星中，碳含量却比氧含量稍高些，这或许能说明该行星的形成环境与我们地球明显不同。马杜苏丹及其同事计算出了那颗行星组成物质的特性——比水质行星密度高，但比类似地球的、矿物岩石构成的行星密度低，这同碳质行星的预测相吻合。2012年11月10日，研究人员在《天体物理学杂志通讯》（*The Astrophysical Journal Letters*）上公布了这一发现。

美国国家航空航天局戈达德航天中心的马克·库克纳说，如果碳质行星上还能有生命存在的话，它们将同地球上依赖氧生存的生物大不相同。珍贵的氧会像燃料一样宝贵，就像地球上人类渴求的碳氢燃料一样。“在那个星球上，钻戒根本拿不出手，”库克纳开玩笑说，“一杯水才是最令人激动的求婚信物。”

短命的“浮肿”行星

撰文 | 李抒璘

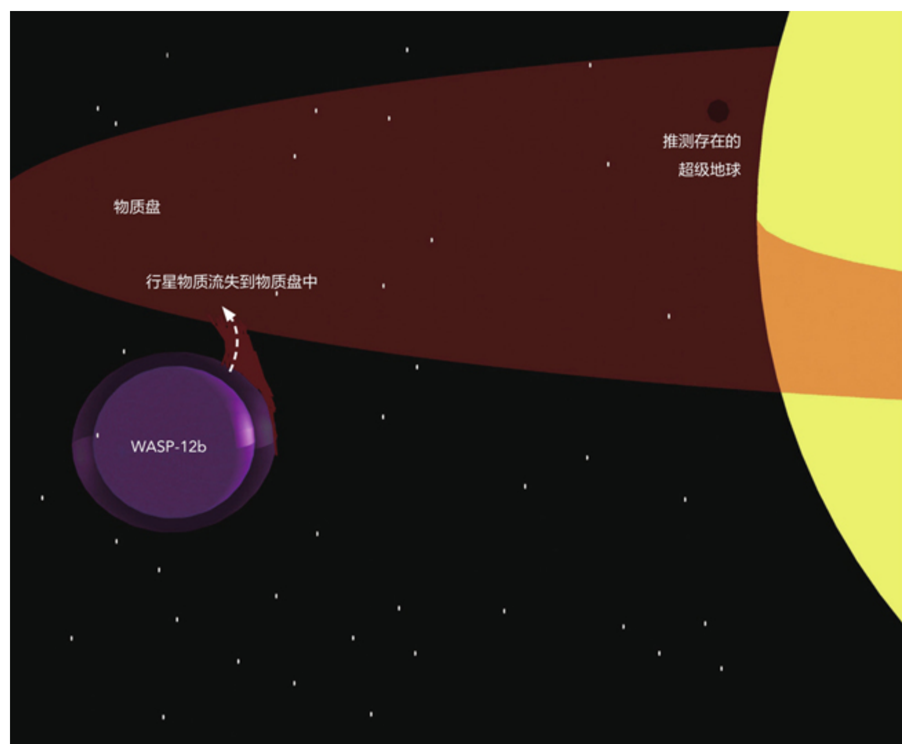
行星会死亡吗？没错，目前在御夫座中，一颗围绕着与太阳质量相当的恒星运行的行星已经“浮肿”得失去了本来面目，而且仍在瓦解。潮汐力可能是罪魁祸首，它使这颗行星的自身物质向中央恒星流失，这样下去这颗行星最终将被恒星完全吞噬。

中外天体物理学家联合组成的一个研究小组已确定，太阳系外的一颗巨大行星正在被它的中央恒星扭曲和摧毁——这一发现有助于解释这颗名为WASP-12b的行星体形为何会异常庞大。

这一发现不仅可以解释WASP-12b上发生了什么，还意味着科学家获得了绝无仅有的一次机会，来观测一颗行星如何度过其生命的最终阶段。这项研究的合作者之一、北京大学科维理天文与天体物理研究所所长、美国加利福尼亚大学圣克鲁斯分校的林潮教授说：“这是天文学家第一次见证一颗行星的瓦解和死亡过程。”科维理天文与天体物理研究所在这项研究中承担了主要工作。他们在2010年2月25日出版的《自然》杂志上公布了这一发现。



行星WASP-12b在极近的距离上围绕主星旋转，强大的潮汐力使它极度“浮肿”，行星上的物质也正在流失。



WASP-12的行星系统。WASP-12b在图中用紫色球体表示，浅紫色区域表示它的大气。从WASP-12b流出的物质在中央恒星周围形成一个盘，在图中用红色区域表示。这颗气态巨行星的轨道并非圆形，暗示盘中还有一颗未被探测到的“超级地球”，在图中用深棕色表示。

潮汐力

当引力源对物体产生力的作用时，由于物体上各点到引力源距离不等，所以受到引力大小不同，从而造成引力差，对物体有撕扯效果。这种引力差就是潮汐力。

这项研究的第一作者李抒璘当时在科维理天文与天体物理研究所读研究生，她和一个研究小组分析了这颗行星的观测数据，证明其主星的引力使这颗行星“浮肿”，同时加速了其瓦解过程。

发现于2008年的WASP-12b是此前15年在太阳系外发现的400多颗行星当中最难以理解的一颗。它围绕着御夫座中一颗质量与太阳相当的恒星运行。和大多数已知的太阳系外行星一样，WASP-12b是一颗巨大

的气态行星。在这方面它跟太阳系里的木星和土星有些类似。不同之处在于，它在离主星极近的轨道上围绕主星旋转，到主星的距离只有日地平均距离的1/44。另一个令人费解之处是，它的体形远远超过了天体物理模型预言的大小。根据估算，它的质量只比木星大50%左右，但是半径却大了80%，体积是木星的6倍！另外它还异常灼热，面向主星那一面的温度超过2,500℃。

研究人员认为，必定有某种机制使这颗行星膨胀到了如此出人意料的程度。他们把分析焦点放在了潮汐力上，认为WASP-12b上强大的潮汐力足以产生研究人员观测到的种种现象。

在地球上，地球和月球之间的潮汐力导致海洋一天有两次潮起潮落。鉴于WASP-12b距离主星非常近，因此这颗行星上的潮汐力会非常巨大，甚至完全改变了这颗行星的形状，使其从球形变成了接近橄榄球的形状。

通过持续不断地改变行星的形状，这些潮汐力不仅会扭曲这颗行星的形状，还会在行星内部造成摩擦。这种摩擦产生的热量，则会导致这颗行星膨胀。林潮教授说："这是第一次获得直接证据，证明行星内部加热（或者说'潮汐加热'）能够使这颗行星膨胀到目前的大小。"

研究人员说，尽管WASP-12b非常巨大，却面临着早早夭折的命运。事实上，过度"浮肿"正是其瓦解的诱因之一。由于体形过度膨胀，这颗行星已经无法在与主星引力的拉锯战中留住自身的物质。李抒璘解释说："WASP-12b以每秒约60亿吨的速率向中央恒星流失质量。以这个速率，这颗行星将在1,000万年内被中央恒星完全吞噬。这听起来似乎是一个很长的时间，但是对于天文学家来说，这个时间很短。这颗行星的寿命仅为地球目前年龄的1/450。"

潮汐加热

潮汐加热为受到潮汐力的拉扯变形使得行星或卫星物质相互摩擦而加热的现象。

从WASP-12b流失的物质不会直接掉入主星，而是在主星周围形成一个盘，盘旋着缓慢流入主星。对WASP-12b轨道运动的深入分析表明，这个盘中还存在另一颗质量较小的行星在扰动它的轨道。这颗行星

很可能是一颗大质量的类地行星——俗称“超级地球”。

这个行星物质盘，以及包含在其中的超级地球，都可以用现有的观测设备探测到。它们的性质将有助于我们进一步明确WASP-12b这颗神秘行星的历史和命运。

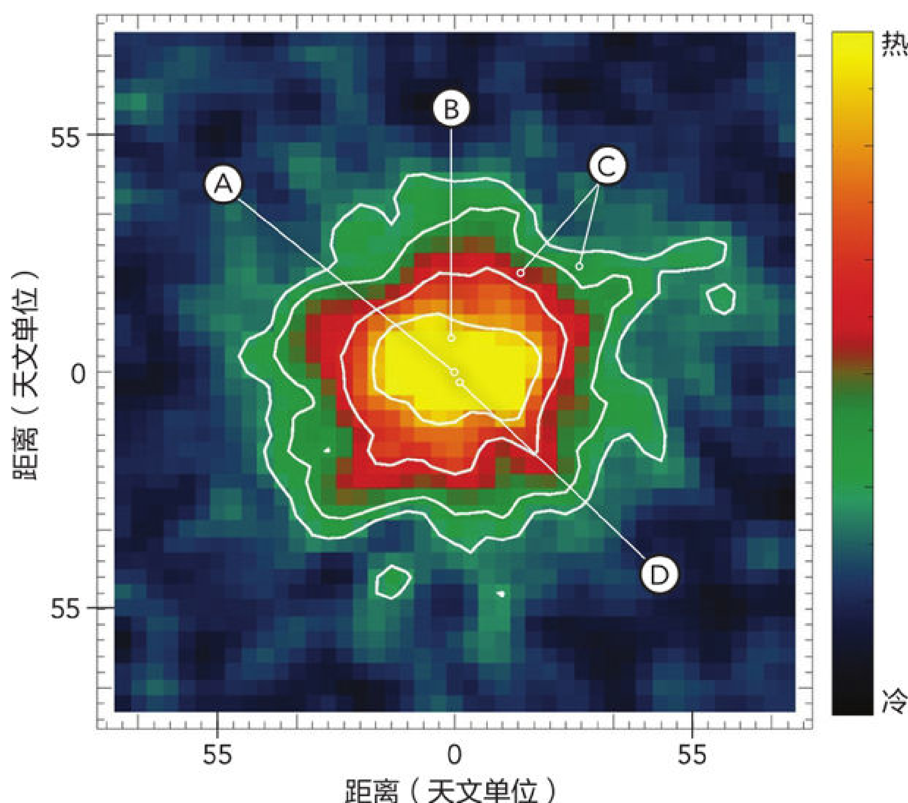
天仓五：另一个“太阳系”？

撰文 | 肯·克罗斯韦尔（Ken Croswell）
翻译 | 李宁曦

距离我们**12**光年的恒星天仓五，很可能拥有一个与太阳系类似的行星系统。这个发现引起了研究人员的关注，更清晰的拍摄影像将展现这个行星系统的细节。

天仓五（鲸鱼座内一颗在质量和恒星分类上都和太阳相似的恒星）距离地球12光年。因为与太阳相似之处颇多，半个世纪前，它就成为了科幻小说中的常客，点燃了人类寻找地外生命的热情。2012年，天文学家发现，它可能拥有5颗行星。这些行星的个头比地球略大，轨道半径小于火星，并且其中一颗行星正好位于宜居带内。这无疑极大地激发了研究人员对它的关注。欧洲空间局赫歇尔空间天文台拍摄的远红外影像展现了关于该星系星尘带的更多细节。

星尘来自小行星与彗星的碰撞。当小行星小到无法从图像上识别时，我们就只能通过星尘的位置推断这些小行星的轨道。加拿大维多利亚大学的萨曼莎·劳勒（Samantha Lawler）告诉我们，天仓五的星尘带相当宽。2014年11月，她带领的研究团队报告，星尘带的内缘距离天仓五约2～3个天文单位（地球到太阳的距离为1个天文单位）。这恰好是太阳系小行星带的位置。星尘带一直向外延伸到距离天仓五55个天文单位的位置，而这个距离又恰好对应于太阳系柯伊伯带的外缘。太阳系的柯伊伯带分布着众多小的星体，其中最大的就是冥王星。劳勒说，主流观点认为天仓五的星尘带分布着大量的小行星和彗星，但缺少诸如木星这样的大行星，因为大质量行星的引力会将星尘带中大多数的小岩块甩出去。



天仓五速览：这幅远红外图以前所未有的清晰度向我们展示了天仓五的星尘带，图片源自2014年11月1日发行的《皇家天文学会月刊》。

A　天仓五：该行星系的恒星，位于图像正中心，为围绕它旋转的星尘提供热量。

B　热星尘：赫歇尔空间天文台捕捉到的星尘辐射位于远红外波段，黄色区域离天仓五最近，该区域的星尘温度最高，因此辐射也最强。

C　冷星尘：红色区域的星尘温度较低，而绿色区域的星尘温度更低，离天仓五也更远。

D　5颗行星：之前猜测可能存在的5颗行星的轨道离天仓五很近，在图中难以辨认。

50个天文单位

50个天文单位，这是太阳系边缘到太阳的距离。1个天文单位约为1.5亿千米，是太阳与地球间距离的平均值。

通过智利的阿塔卡马大型毫米及亚毫米波阵拍摄的更为清晰的星尘带影像，天文学家将确定之前猜测的5颗行星是否真实存在。如果星尘带与行星的假想轨道重叠，那么这些行星就不太可能存在——因为如果

它们存在，它们会排斥绝大多数产生星尘的小行星。

劳勒的研究团队表示，如果这些行星确实存在，那么这个星系就相当于一个没有木星、土星、天王星和海王星的太阳系：行星近距离围绕恒星旋转，在行星的轨道之外的广阔区域则是小行星、彗星，以及星尘的领地。

可能孕育生命的外星行星

撰文 | 布林·纳尔逊（Bryn Nelson）
翻译 | 庞玮

还有什么比找到一颗可能孕育生命的星球更令人兴奋的呢？科学家也许找到了一颗这样的星球——格利泽**581g**。它“不冷不热”，正是我们期待已久的目标。虽然这颗星球是否存在还未最终确定，但科学家已经迫不及待地开始推测在它上面可能存在的生物形态了。

长期以来，天文学家一直在太阳系外搜寻有可能孕育生命的行星。2010年秋天，美国加利福尼亚大学圣克鲁斯分校的天文学家史蒂文·沃格特（Steven Vogt）及其同事，宣布发现了一颗外星行星格利泽581g——它既不太热，也不太冷，似乎正好是梦寐以求的目标。“如果该发现得以确认，那它肯定是我们期待的、而且期待了很久的那颗行星。”美国华盛顿大学的天体生物学家罗里·巴恩斯（Rory Barnes）虽然没有参与该发现的相关研究，但难掩兴奋之情。

然而好梦难圆。就在加利福尼亚大学圣克鲁斯分校的天文学家宣布发现这颗“既不太热，也不太冷”的行星之后不久，一个在外星行星搜寻领域与他们存在竞争的瑞士研究团队宣称，在自己的数据中找不到格利泽581g存在的证据。因此虽然使用望远镜观测该行星系统已有11年之久，要从这些间接而且细微的测量中确认这颗行星的存在，可能还要好几年时间。

尽管如此，这些激动人心的数据仍使天文学家闻风而动，开始加快研究孕育地外生命所需的环境。在他们看来，格利泽581g存在的可能性，进一步加剧了地外生命研究的紧迫性——利用超级计算机对地球大小的行星上可能存在的生命进行模拟研究已属当务之急。



暮光中的生命：艺术家描绘格利泽581g。

包括天体生物学家在内的很多科学家，已经开始根据天文观测数据，结合人们对地球生命形态的认识，利用计算机模拟地外行星上的环境。与接二连三发现新外星行星的热潮相比，这些仿真模型的价值在于，给科学家提供重要指引，以便在将来的观测中对地外生命迹象进行更有效的搜寻。格利泽581g已经成为外星行星搜寻领域中大家瞩目的焦点。它以近似圆形的轨道环绕一颗红矮星运转，所处位置刚好使其具有合适的温度，从而得以在表面留存液态水——这是生命存在的第一要素。根据美国国家航空航天局戈达德航天研究所的南希·江（Nancy Kiang）联合美国华盛顿大学模拟行星实验室一起建立的模型，由于红矮星向外辐射的光还不及太阳的百分之一，因此格利泽581g上的光合作用生物会全部进化成黑色，以求尽可能多地吸收微弱的“阳光”。

红矮星

红矮星指在众多处于主序阶段的恒星当中，质量和体积较小，表面温度低，颜色发红的恒星，其光谱类型为K型或更晚型。和太阳（黄矮星）相比，红矮星更小也更暗。

初步计算表明，格利泽581g有可能始终以同一面朝向红矮星，“向

阳面”的温度可能上升至64℃，“背阴面”则终年处于类似地球北极的严寒之中。尽管这一结论仍有争议，但围绕恒星如此旋转，会给这颗被沃格特形容为“永恒日暮”的行星，点缀一片更适合生命存活的区域。南希·江说，假如这种设想是正确的，行星表面接收到的光线波长就会随经度变化，植物的颜色会沿经度呈现出彩虹式的渐变——它们会根据所处区域决定自己的颜色，不浪费照射到身上的每一丝光线。

除了让理论研究者雀跃不已，格利泽581g还吊足了天文学家的胃口。许多天文学家预计，太阳系外应该还有数百个类似的天体等待我们去发现。“如果这次是我们撞了大运，那么未来很长一段时间内恐怕都找不到第二颗，”沃格特说，“如果不是，那么宇宙中就应该存在大量这样的行星。”

半真半幻的“幽灵”行星

撰文｜罗恩·考恩（Ron Cowen）
翻译｜王栋

在极度活跃的恒星附近搜寻系外行星，是研究人员最头疼的事。或许一些被人们寄予厚望的类地行星，根本就不存在。

太阳系以外的行星（简称系外行星）大多是炽热的气态巨行星。在发现系外行星的20年来，研究人员所使用的技术和设备有了极大的改进。现在，研究人员专注于搜寻小一些、和地球体积相近的系外行星，例如那颗很有名的、被认为是围绕半人马座阿尔法B星旋转的行星。不过，对于搜寻这类行星，持乐观态度还为时尚早。这项搜寻工作的困难之处在于，系外行星与它们围绕的恒星相比，体积太过渺小。而且恒星的表面活动非常剧烈，很容易就会掩盖掉行星的踪迹，或者反过来在本不存在行星的地方，显示出存在行星的假象。实际上，那颗以半人马座阿尔法B星为主恒星的行星，可能不过是由其主恒星抖动造成的“幻象”而已。

天文学家使用常规观测手段发现了这颗行星。美国哈佛－史密森天体物理学中心的泽维尔·杜姆斯克（Xavier Dumusque）和同事们监测到了主恒星发光频率的周期性变化。这种变化通常是由于行星的引力拖曳造成恒星晃动而引起的，因而暗示了行星的存在。

然而，当德国图林根州立天文台的天文学家阿蒂·哈策斯（Artie P. Hatzes）用两种不同的方法重新分析观测数据时，却得出了互相矛盾的结果：一个结果显示恒星有晃动；而另一个则显示什么也没有。他在2013年6月的《天体物理学杂志》上发表了研究结果。他认为：“如果一个分析结果显示有行星，而另一个没有，那么这个结论就不可靠。”（为了准确起见，杜姆斯克和他的研究组为他们2012年10月发表的结论加上了一个显著的、不确定的声明。）



半人马座阿尔法B星周围可能存在行星系统。

半人马座阿尔法B星的那颗“半真半幻”的行星并不是第一颗受到密切关注的行星。2010年，一个国际合作研究组宣布，发现了绕格利泽581号恒星旋转的一颗小型行星，它恰好位于该恒星的“宜居带”（指温度正好，适宜大量液态水存在的区域）中。不过，其他研究人员根据他们自己获得的数据却无法发现这颗行星存在的迹象。富有经验的系外行星搜寻家、在美国哈佛－史密森天体物理学中心工作的戴维·莱瑟姆（David Latham）说，许多被探测到的系外行星同样不能确定，因此探测结果仍未公布。

哈策斯说，鉴于这种模糊的结论越来越多，研究人员要做的，不仅是必须设法获取更多的数据，还需要承受住压力，避免过早对外宣布发现了类地行星。他自己就有这方面的经历：他现在怀疑，自己研究组于2009年宣布发现的绕天龙座42号恒星旋转的一颗巨型气态行星，可能也只是由于观测噪声造成的假象。

莱瑟姆指出，系外行星搜寻专家们下一步应该将注意力集中到更平静的恒星上，并且建立新的理论模型来解释恒星抖动的成因。使用更好的光谱仪，例如在加那利群岛的拉帕尔马岛上新建的北半球高精度径向速度行星搜索器，将对降低设备噪声有所帮助。不过哈策斯说：“某些情况下还是会碰到因为恒星噪声而带来的同样的问题。”

“苔丝”任务：寻找更近的新地球

撰文｜约翰·马特森（John Matson）
翻译｜王栋

一项新的探测任务将推动对系外行星的进一步研究。如果能发现更多的类地行星，天文学家将有望解答很多问题，比如是否有地外生命存在。

美国国家航空航天局的开普勒探测任务非常成功。它已经发现了好几千颗可能存在的系外行星（环绕除太阳以外的其他恒星旋转的新“世界”），其中超过100颗已经通过审查并得到了确认。该任务发现的许多系外行星都位列体积最接近地球的行星名单中——目前发现的25颗直径最小的系外行星中，只有一颗不是开普勒任务发现的。开普勒任务“丰产”的背后还有一个遗憾：这些行星都在数百甚至数千光年之外。这样的距离过于遥远，无法进行详细研究。

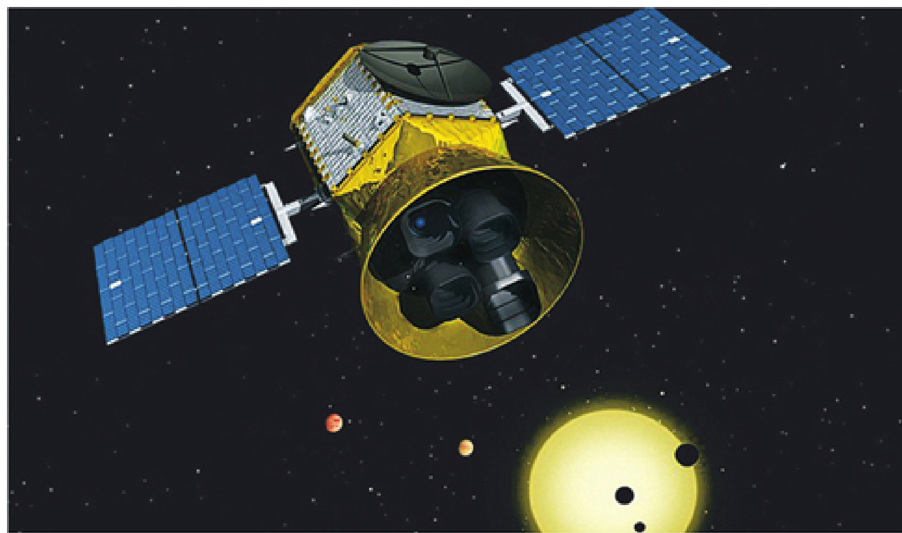
这时，“苔丝”（TESS，凌日系外行星勘测人造卫星）任务登场了。美国国家航空航天局的这项探测任务耗资2亿美元，卫星于2018年4月发射升空。与其“前任”相比，“苔丝”勘测的宇宙范围将大得多，科学家期待它能发现一批邻近的新系外行星，好让他们通过即将装备的望远镜进一步研究。美国麻省理工学院的天体物理学家、“苔丝”任务首席研究员乔治·里克（George R. Ricker）介绍：“我们将考察的恒星总计约50万颗。”在距我们太阳系100光年的范围内，就有数千颗这样的恒星。

同此前的开普勒望远镜，以及欧洲的科罗系外行星探测卫星类似，“苔丝”将探测行星凌日现象——如果恒星光线发生规律性的短暂暗淡，则说明有一颗看不见的系外行星存在。根据里克的估计，“苔丝”或许能发现500～700颗地球大小，或比地球稍大几倍的行星，其中一些或许具备适宜生命存在的条件。

“苔丝”完成为期2年的任务以后，将汇总出一个邻近系外行星的列表。那时，天文学家应该已经拥有了一个强大的新“眼睛”来仔细研究这些新发现的世界。这个新“眼睛”就是美国国家航空航天局将于2020年前后发射的韦布空间望远镜，它应该能够识别出邻近系外行星的大气中某

些特定分子的特征信号。最终，通过这些化学特征，科学家就能推断出一颗行星上是否有地外生命存在。科学家挑选了一个邻近的、可能有生命存在的行星，来模拟韦布空间望远镜的观测效能。“我们似乎观测到了生物产生的信号，但是还不太确定，”里克说，“新一代太空探测设备应该能够完成这个任务。”

无论如何，如果“苔丝”任务真能发现数百颗邻近系外行星，天文学家可要开始忙了。他们要找的那些行星是什么样的？这些行星能够支持什么样的生命？而且，也许（仅仅是也许）会向一个看起来很诱人的新世界发射一些新探测器。



“苔丝”的艺术概念图

圆轨道行星：地外生命的“摇篮”

撰文 | 肯·克罗斯韦尔（Ken Croswell）
翻译 | 丁家琦

什么样的行星系统更有可能孕育出地外生命？答案或许是有着更多圆轨道行星的行星系统。

如果地外生命确实存在，它们很可能存在于有着众多行星的行星系统中。最近一项研究表明，围绕恒星的行星数越多，行星的轨道就更接近圆形。而圆轨道上的行星不会离恒星太近或太远，它们的气候应该足够温和，从而能够孕育出智慧生命。

我们自己所在的太阳系就符合这个模式。太阳有8或9颗行星（这得看你有没有把冥王星当成一颗行星），其中大多数都是按接近圆形的轨道运行。举个例子，地球轨道的离心率就只有1.7%（离心率从0%到100%，分别代表从正圆到极端细长的椭圆）。水星和冥王星有着椭圆形的轨道，离心率分别为21%和25%。不过就算是冥王星（在2006年的国际天文学联合会上，冥王星被降级为矮行星，但一些人对此仍有异议），它的轨道跟其他有些恒星周围的行星轨道相比也还算圆，后者的离心率可能会超过60%、70%，甚至80%。

“据我们所知，这类‘野蛮的世界’仅仅存在于只有一两颗行星的行星系统中。”这项研究的发起者、美国普林斯顿大学的天文学家玛丽·安妮·林巴赫（Mary Anne Limbach）和埃德温·特纳（Edwin L. Turner）说。与之相对，如果一个行星系统有着4颗及以上的行星，则这些行星的轨道会更接近于圆形。这一结论是他们观察了数百个行星系统中的403个行星之后分析得出的，相关研究发表在了2015年1月的《美国国家科学院学报》（*PNAS*）上。

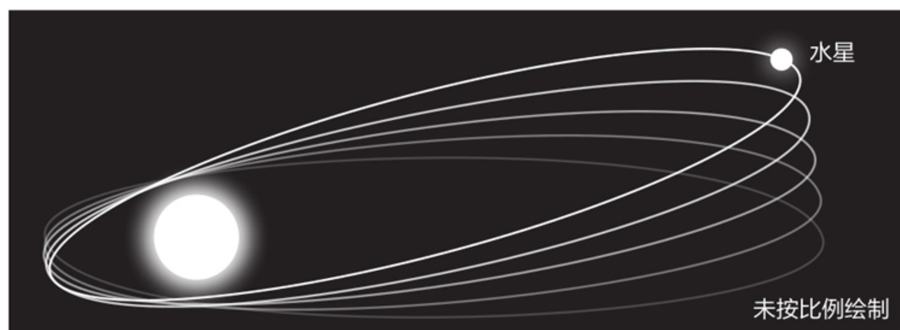
美国国家航空航天局艾姆斯研究中心的行星科学家杰克·利绍尔（Jack　Lissauer）指出，圆形轨道上的行星更易孕育生命是因为它们不会相互干扰。林巴赫也说，如果一颗行星的轨道为长椭圆形，它就可能“与其他行星的轨道发生交叉，从而将其他行星撞出原有的系统”。

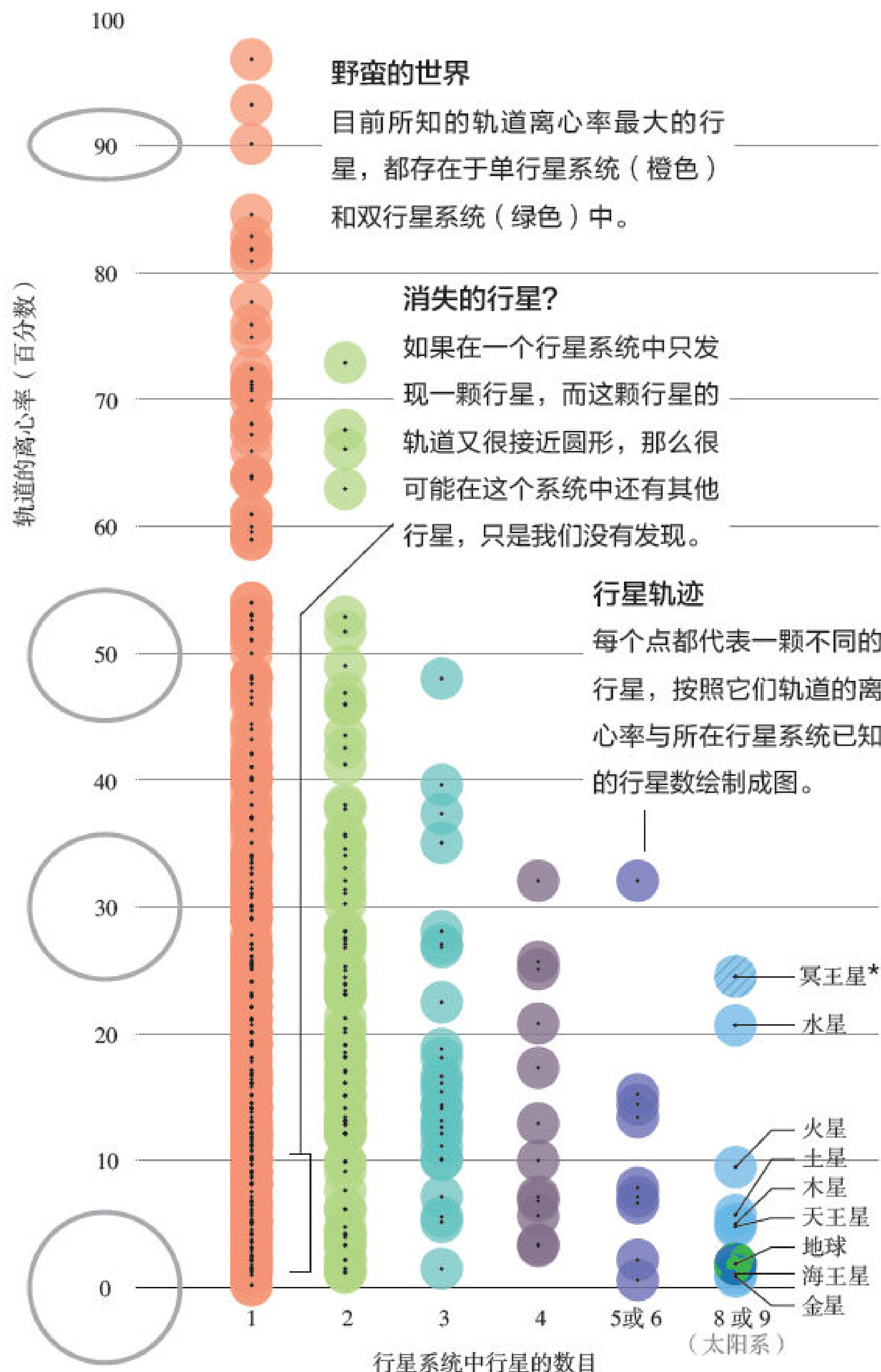
轨道狭长的行星不仅会像鲁莽的司机一样撞到其他行星，它们自己

也不会成为合适的生命住所——离太阳近的时候会被烤得太热，离太阳远的时候又会冻结成冰球。因此，智慧生命更可能存在于拥有圆形轨道的行星上，而它们所在的行星系中还会有各种各样其他的行星，它们甚至会为了某一颗行星到底是不是真正的行星而争吵起来——就像我们一样。

水星的故事

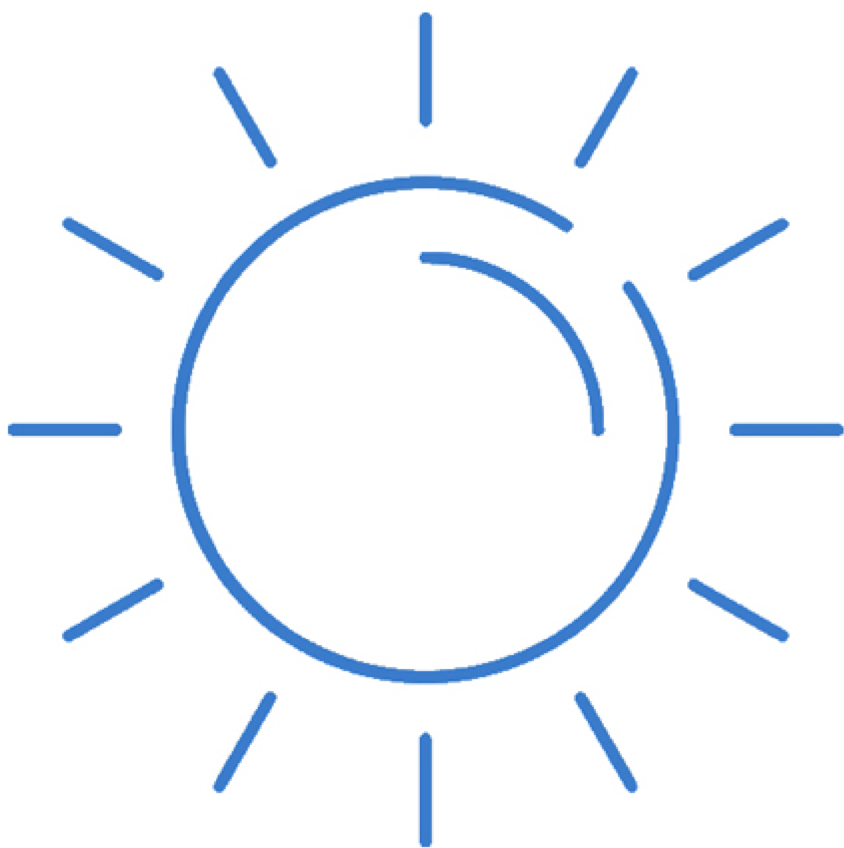
与任何一颗拥有椭圆轨道的行星一样，水星在每一个绕日周期中都会经过一个离太阳最近的近日点。但这个近日点的变化，比牛顿引力定律的预言更快。这一度让19世纪的天文学家认为，在它的旁边还存在着另一颗行星，他们称之为“火神星”，也称“祝融星”，正是这颗行星将水星拖离了预定的轨道。事实上，水星过于接近太阳是由广义相对论效应导致的，然而在19世纪，大家还都不知道这一点。水星的运动正好证实了爱因斯坦（A. Einstein）的理论。





* 国际天文学联合会已将冥王星降级为矮行星，但一些人对此仍有异议。

话题六　千奇百怪的“太阳”



太阳系的主星——太阳，是一颗恒星。它为我们提供能量，使地球充满生机。而在太阳系外，有着数不清的恒星，它们大多数和我们的太阳并不相同。这些恒星有的单独行动，有的结伴而行；有的在恒星的摇篮中刚刚诞生，有的在生命的最后阶段绽放异彩。而大多数恒星正处于青壮年，它们持续地发出光和热，点缀着夜晚的星空。

在黑洞周围造恒星

撰文｜明克尔（JR Minkel）
翻译｜刘旸

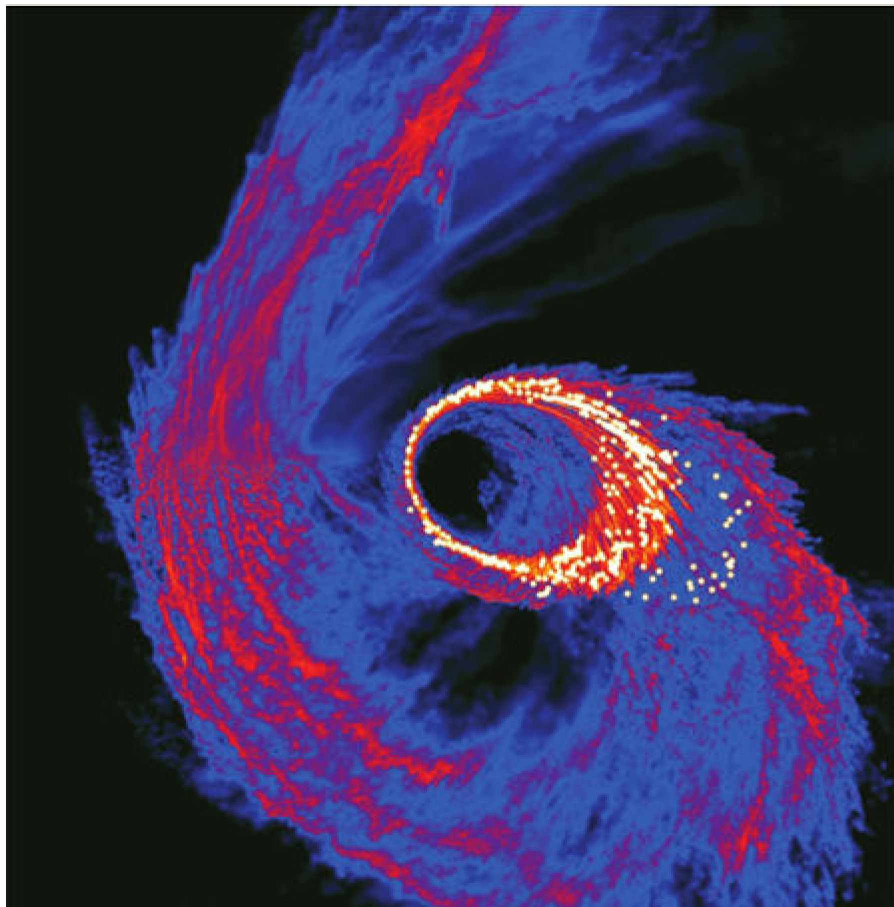
黑洞周围的分子云会被黑洞的巨大引力统统撕碎？事实上答案并不绝对。在巨大的黑洞引力下幸存的分子云是恒星的诞生地，这些“勇气可嘉”的恒星环绕在可怖的黑洞周围。

在银河系中心的特大质量黑洞周围，环绕着100多颗恒星，科研人员可能已经弄清了它们形成的原因。在整体引力作用下的氢气分子云坍缩中，恒星渐渐形成。但是，这样的分子云在特大质量黑洞周围，应该会被黑洞强大的引力撕碎，如同落入打蛋器中的颜料被溅开一般，因而它们根本没有机会形成恒星。

黑洞

黑洞是爱因斯坦广义相对论所预言的一种超级致密天体。在黑洞的边界——事件视界以内，任何物质和辐射一旦进入便无法逃脱。在理论上，黑洞有可能是在质量足够大的恒星演化末期，即在恒星核聚变反应的燃料耗尽之后，在自身引力作用下迅速坍缩而产生的。

天体物理学家模拟了质量相当于1万颗太阳的氢气分子云突然接近黑洞的情形。尽管分子云的绝大部分会泼溅出去，但激波和其他扰动却可以把内层10%分子云的角动量消散掉。这些原料随即开始绕黑洞运行，从而给恒星的形成留出了时间。2008年8月22日的《科学》杂志公布了此项结果。



点燃恒星：黑洞周围的氢分子云（紫色）中，一些区域会相互碰撞并变得致密（红色和黄色），恒星即可在那里形成。

恒星诞生记

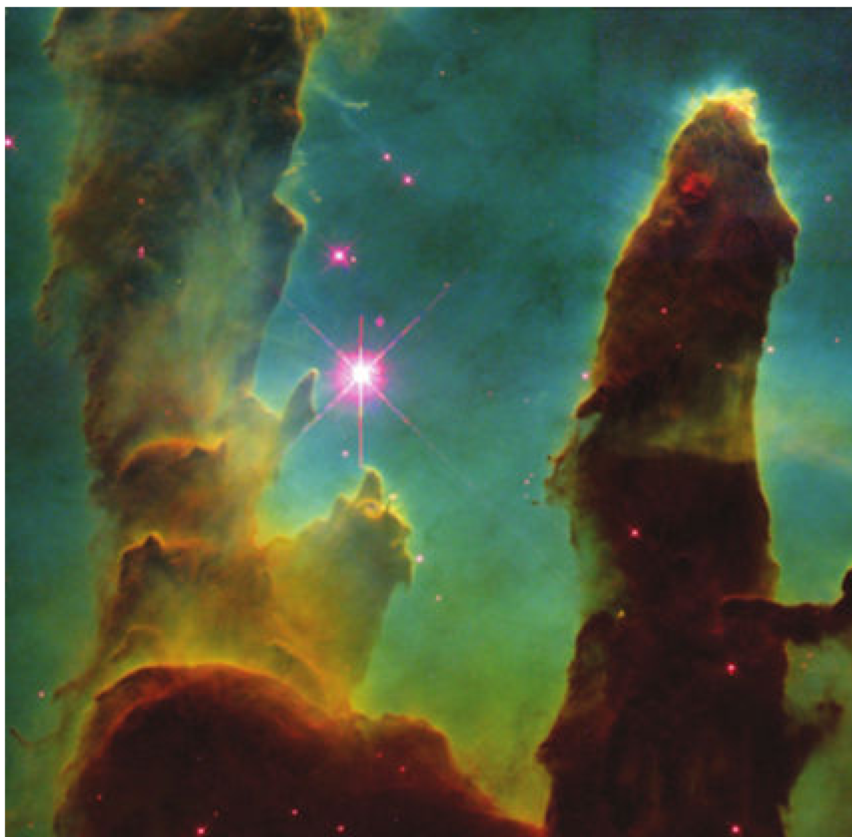
恒星的摇篮是星际云或其中的一片星云，其中的星际物质是主要由氢、氦组成的尘埃或气体。当这些星际物质的密度增加到一定程度，在一定机制作用下，它们将开始互相吸引，慢慢聚集在一起，同时温度也逐渐升高。一旦开始收缩，星际物质的密度就开始增大，并在引力的作用下坍缩得越来越迅猛，形成一个旋转的盘状物，将更多的气体和尘埃吸引进来，并继续升温。几十万至一百万年后，盘状物密度达到一定程度，其中心会形成一个核心，即为原恒星。随着原恒星不断升温，压力逐渐变大，当达到氢核与氢核的碰撞能够引起核反应的温度时，氢开始聚变，形成氦并释放能量。在其后的几百万年甚至上千万年中，物质继续进入新生恒星。当进入的物质质量足以使原恒星温度能够稳定维持聚变时，恒星就进入到它的青壮年——主序阶段。恒星一生的大部分时间都将处于这一阶段。

计算机模型揭秘“创生之柱”

撰文 | 克拉拉·莫斯科维茨（Clara Moskowitz）
翻译 | 王栋

“创生之柱”的诞生故事，让天文学家改变了对**O**型恒星的看法。从触发新恒星诞生，到破坏新生恒星，**O**型恒星让人们看到，毁灭和创造从来就是密不可分的。

还记得“创生之柱”吗？自从1995年哈勃空间望远镜拍摄到了这幅壮观的照片以来，它就常常出现在海报、T恤衫和屏幕保护画面上。虽然似乎人人都熟悉这些柱子，但是关于它们是如何形成的，科学家却一直都不怎么清楚。一项计算机模拟研究或许能够解开这个谜团。利用气体流的物理原理，英国加的夫大学的天文学家斯科特·鲍尔弗（Scott Balfour）及其同事，几乎丝毫不差地“重建”了这些著名的柱状结构。



“创造之柱”是新生恒星的“产房”。

位于银河系鹰状星云中的这三根气体柱状结构，被科学家称为“恒星制造厂”。而这些气体柱本身又是附近一颗巨大的O型恒星的产物，后者产生的高能恒星风将气体“吹”成了这个形状。O型恒星是宇宙中最大、最炽热的恒星，虽然它们的寿命很短，却对自身周围的“环境”有着巨大的破坏力。它们的强烈辐射会加热周围的气体，形成扩张的气泡结构。此外，通过计算机模拟时间跨度为160万年的演变过程，科学家发现随着气泡结构的边缘由于膨胀而破裂，具备“创生之柱”所有特征的气体柱，会自然而然地沿着这类结构的外缘形成。

在英国皇家天文学会于2014年6月举办的天文学大会上，鲍尔弗公布了这一模拟结果。该模拟还显示，O型恒星对新恒星的诞生有出人意料的影响。先前的研究认为，是O型恒星触发了它周围那些新恒星的诞生。然而，这项模拟显示，O型恒星四周的气泡结构，常常会破坏孕育恒星的物质云团。而对那些“幸存”下来的恒星，O型恒星又会挤压其周

围的气体，从而促进新恒星更快诞生，导致这些“早产”的恒星比本应具有的体积要小。“这让我们十分吃惊。”鲍尔弗说。由德国慕尼黑大学天文台的天文学家詹姆斯·爱德华·戴尔（James Edward Dale）进行的另一项模拟，同样对O型恒星是否会触发新恒星诞生提出了质疑。戴尔说：“我发现，与破坏作用相比，（O型恒星的）触发效果要弱很多。看起来，鲍尔弗的模拟也证实了这一点。”毁灭和创造从来就是密不可分的，这果然是放之全宇宙皆准的真理。

恒星的年龄之谜

撰文 | 约翰·马特森（John Matson）
翻译 | 高瑞雪

老迈的恒星也许会因为偶然被错认为仍然青春年少而窃喜，但岁月总会在它们身上留下痕迹。通过深入研究恒星年龄与其自转速率之间的关系，恒星的年龄将不再是秘密。

天上的星星在年龄问题上忸怩作态不肯明示，一颗古老的恒星经常会被错认为还很年轻。在寻找围绕着遥远恒星运行的宜居行星时，年龄问题给天文学家造成了不小的困扰，因为恒星的年龄关系到它所能支持的生命形式。



“通过研究我们自己的星球可知，如果恒星和行星是10亿岁，那么只有最原始的微生物可能存在，”在2011年5月召开的美国天文学会会议上，美国哈佛－史密森天体物理学中心的瑟伦·迈博姆（Søren Meibom）说，“也许恒星和行星是46亿岁？那好了，我们突然知晓，这

颗行星上可能充满了复杂的智慧生命。”

但是，正如迈博姆所提出的，“恒星们没有出生证”，它们的诸多视觉特征在生命周期的大部分时间里都保持不变。不过，有一个特征确实会变：随着时间的推移，恒星的旋转速度不断变慢。“因此，我们可以把旋转速度，即恒星的自转速率，当成计量恒星年龄的时钟。”迈博姆说。

不过，首先得有人在时钟上标出数字才行。研究人员已经算出了极年轻恒星的旋转速度与年龄之间的关系。迈博姆和同事则要测量年龄稍大一些的恒星的自转速率。如果他们可以计算出不同年龄层次中恒星年龄和旋转速率间的关系，那么估算恒星的年龄将会变得容易很多，“出生证”也就用不到了。

最大爆炸理论

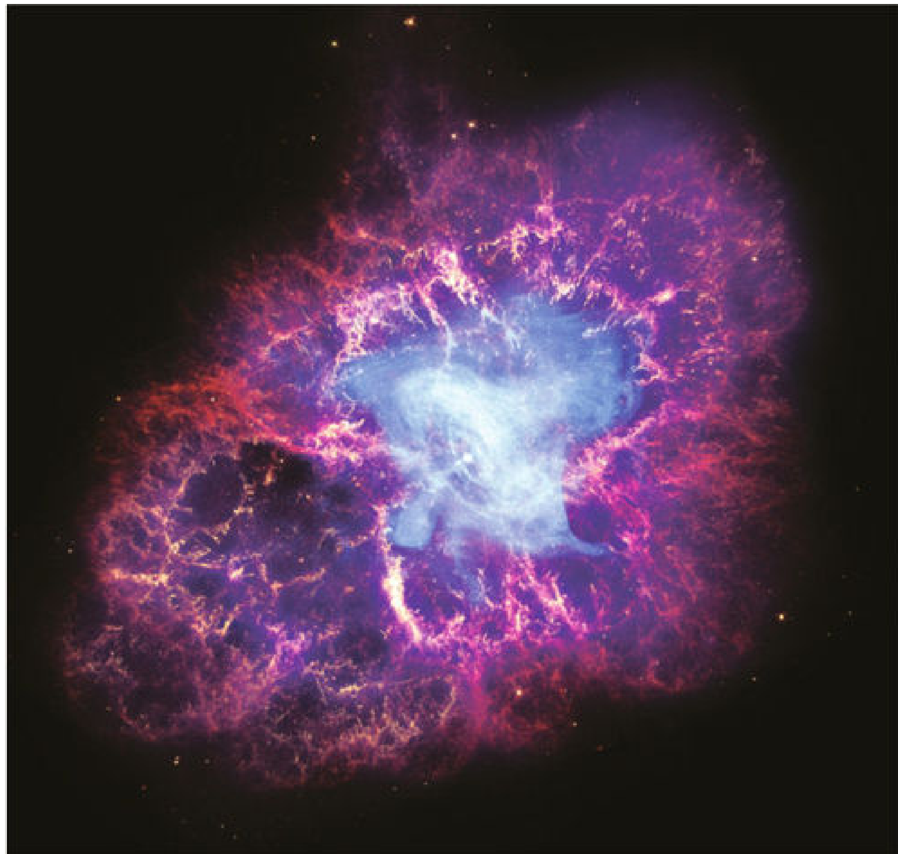
撰文｜迈克尔·莫耶（Michael Moyer）
翻译｜谢懿

恒星的总质量决定了恒星的演化和它的最后命运：比太阳大得多的恒星不会像太阳一样化为安静的白矮星，而是以剧烈的超新星爆发的方式壮丽收场。而新发现的一种爆发更为猛烈的超新星引起了天文学家的注意，这使得他们开始重新思考最大质量恒星的一生。

大约50亿年后，当太阳演化到生命终点时，它会蜕变为一颗安静的白矮星。质量更大的恒星则会发生爆炸，也就是超新星爆发，宇宙中作用最剧烈的事件之一，这样的爆发需要恒星质量达到太阳质量的10倍以上。几十年来，天文学家一直猜想存在一类更猛烈的恒星爆发——“对不稳定性”超新星爆发，爆发释放的能量超过普通超新星100倍。几年前，两个天文学家小组终于找到了它们，重新界定了宇宙中的天体究竟能达到多大质量。

所有的恒星都依靠压强来对抗引力。当氢这样的轻元素在恒星核心发生聚变反应时，会产生向外推的光子，抵御向内拉的引力。在更大的恒星中，核的压强高到足以聚变氧和碳这样较重的元素，产生更多的光子。但是在质量超过100倍太阳质量的恒星中，情况会发生变化。当氧离子之间开始聚变时，释放出的光子能量极高，它们瞬间就会转变成正负电子对。没有了光子，就没有了向外的压强——恒星便开始坍缩。

接着会有两种可能性。坍缩会产生更大的压强，重新点燃足够数量的氧导致能量爆发。这一爆发足以炸飞恒星外部的包层，但无法形成完全的超新星爆发。同样的过程每隔一段时间就会重复一次——天文学家将这样的恒星称为“脉动”对不稳定性超新星——直到这颗恒星损失了足够多的质量，以普通超新星的形式结束它的一生。美国加州理工学院的罗伯特·昆比（Robert M. Quimby）领导的一个小组宣布，他们已经发现了一颗这样的超新星（SN 2006gy），并提交了一篇论文。



美国国家航空航天局的三台空间望远镜拍摄到了超新星遗迹。

如果这颗恒星质量真的很大——超过130倍太阳质量，坍缩就会极快地进行并产生巨大的惯性，这样一来连氧聚变也无法阻止它。在如此小的空间中产生出如此大量的能量，最终结果就是把整颗恒星炸碎，什么都不留下。用任职于以色列雷霍沃特的魏茨曼科学研究所的天文学家阿维沙伊·盖尔－亚姆（Avishay Gal-Yam）的话来说，这才是“真家伙、大手笔”。他的团队曾经在《自然》杂志的一篇论文中宣布发现了第一颗完全爆炸的对不稳定性超新星（SN 2007bi）。

在这些发现之前，绝大多数天文学家认为，邻近星系中的巨大恒星在死亡前会抛射掉大量自身物质，因此无法形成对不稳定性超新星。这些说法正在被重新思考，因为这些最大的爆炸已经以壮观的方式宣告了它们的存在。

超新星的“死亡伴侣”

撰文 | 凯利·奥克斯（Kelly Oakes）
翻译 | 王栋

如果白矮星在浩瀚的星海中拥有一颗供其吸取物质的伴星，它便不会孤寂地在沉默中灭亡，而是以一种更为壮丽的方式——超新星爆发来退出星际。在双星系统中，白矮星伴侣的身份一度十分神秘。科学家对一颗超新星伴星身份的分析表明，它很有可能是主序星。

白矮星是一种密度极高、质量曾和太阳接近的老年恒星。当恒星演化成白矮星时，它生命中最壮丽的阶段已经结束了。在辐射了数十亿年的光和热后，它缓慢地释放着残余能量，慢慢冷却，直到最后一抹光辉消失。然而，一些白矮星并不甘心自己的生命这样结束。

如果一颗白矮星属于一个双星系统，拥有一颗伴星的话，它就能避免默默消逝的宿命，而以一种更壮丽的方式谢幕——一种特殊的恒星爆炸，被称为Ia型超新星爆发。Ia型超新星爆发由白矮星从它的伴星中吸取物质开始，在整个过程中白矮星不断膨胀直到无法再变大。到那时，它就会发生向心内爆，紧接着以超新星的形式向外反弹爆发，产生的光足以照亮整个星系。

而在这一令人惊叹的过程中，那颗被白矮星掠取物质的伴星也扮演着重要角色。然而，这颗伴星的身份在很长时间里都是一个谜。理论模型认为，伴星可以是红巨星，也可以是太阳这样的主序星，也可以是白矮星。

对于2011年发现的一颗Ia型超新星，天文学家已经缩小了它的候选伴星的范围。2011年8月24日晚上8时59分，“帕洛马瞬变工厂”的一台位于美国加利福尼亚州帕萨迪纳观测台的望远镜发现了一个明亮的斑点。这颗新发现的、被命名为SN 2011fe的超新星，打破了“帕洛马瞬变工厂”的天文学家发现Ia型超新星的最快纪录：爆发后仅有11个小时就被发现。

2011年12月，研究人员在《自然》杂志上发表了两篇论文，分析了对SN 2011fe超新星的观测结果。其中一篇以任职于美国伯克利劳伦斯

国家实验室和“帕洛马瞬变工厂”的彼得·纽金特（Peter Nugent）为第一作者的论文提出，这颗超新星的伴星很可能是一颗主序星。在另一篇文章里，美国加利福尼亚大学伯克利分校的李卫东（Weidong Li）等人排除了伴星是红巨星的可能。

利用位于夏威夷的凯克望远镜II的观测数据，李卫东确定了这颗超新星的位置。然后，他分析了哈勃空间望远镜在超新星爆发之前拍摄的照片，来寻找孕育这颗超新星的双星系统的线索。

超新星SN 2011fe是许多年来发现的距离地球最近的Ia型超新星，由于现在的观测仪器已经有了长足的进步，它也将是历史上被研究得最充分的超新星。上述两篇文章仅仅是一个开始。



搜寻超新星遗迹

撰文 | 约翰·马特森（John Matson）
翻译 | 庞玮

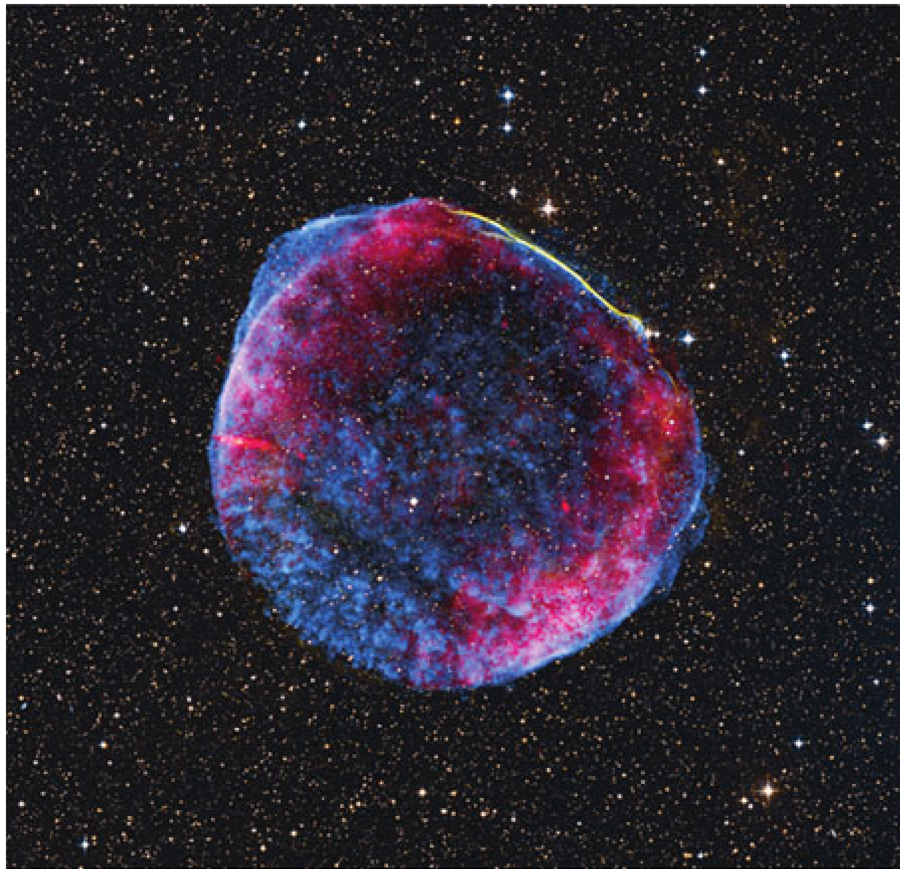
超新星爆发是宇宙中的突发事件，景象蔚为壮观。而**Ia**型超新星的爆发更为惨烈，因为这意味着一颗伴星将被吞食。**Ia**型超新星产生于白矮星核爆，在明亮耀眼的爆发背后却笼罩着谜题：爆发的动力来自何方？被吞食的伴星到底是何身份？

一颗Ia型超新星也许是施暴者与受害者的终极对立组合——一颗恒星从伴星那里窃取物质，达到临界质量，进而变得不稳定，最终释放出强大的核爆冲击波，足以将那可怜的受害者化为齑粉。

上述这些场景中施暴者的身份很明确：Ia型超新星爆发中，发生突然爆炸的是名为白矮星的小而致密的恒星。但是那个受害者的身份却一直是个谜。一直以来，科学家相信这些受害者都是像太阳那样的主序星，或是蓬松的红巨星。然而一些新的研究却指出，由于某些我们目前知之甚少的机制，在这些惨剧中的主角可能大多是一对白矮星，其中一个将其同伴吞食，然后自己爆发成超新星。

2012年9月27日发表在《自然》杂志上的一项研究支持后一种看法，并断言从主序星或红巨星演变而来的Ia型超新星只占少数。加那利群岛天体物理学研究所的霍奈·冈萨雷斯·埃尔南德斯（Jonay I. González Hernández）和同事对Ia型超新星SN 1006爆发中的受害者展开了搜寻，结果什么也没找到。这种伴星遗迹的缺失似乎将大型恒星排除在受害者名单之外，因为如果伴星是大型恒星，其核心应该能躲过劫难，从而遗留下来成为可观测的证据，而白矮星伴星则不会留下任何痕迹。结合其他一些对超新星伴星遗迹基本上徒劳无功的搜寻工作，研究人员推测，只有不到20%的Ia型超新星符合经典假设中的场景。

美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校拉斯坎布雷斯天文台全球望远镜网络的天文学家安德鲁·豪厄尔（D. Andrew Howell）认为，20%的估计“过于夸张”。他说，一颗比太阳稍小的普通恒星也不会留下任何可观测的痕迹，这么看来它也适合充当超新星SN 1006的伴星。



超新星SN 1006遗迹

不合群的奇特中子星

撰文｜马克·阿尔珀特（Mark Alpert）
翻译｜谢懿

科学家发现中子星卡尔韦拉与以往发现的中子星光谱相似，但在其他方面却特立独行：据观测，卡尔韦拉的银纬坐标相较于其他中子星要高，飞离银河系的速度也快于其他中子星。

我们的银河系中散落着大量死亡恒星的遗骸。在生命的最后时刻，绝大多数恒星会抛掉它们的外部包层，收缩成密度很高、个头却只有地球大小的白矮星。但是大质量恒星会以超新星爆发的方式，给自己的一生画上句号，留下一颗更为致密的中子星。中子星的直径只有20～40千米，质量却可以超过太阳。（质量更大的恒星最终会演化成黑洞。）从20世纪60年代开始，天文学家们就观测到了大量的中子星，包括高速旋转的射电脉冲星和吸积伴星物质的X射线双星。2007年8月，科学家宣布发现了一颗中子星，这可能是发现的中子星中最年老的一颗。它在小熊座中孤零零地辐射出X射线，似乎与以前观测到的中子星都不太一样。

中子星

大质量恒星在演化晚期，发生超新星爆发后，核燃料耗尽，核心在引力作用下坍缩，形成主要由中子组成的稳定星体——中子星。中子星是一种依靠简并中子产生的压力来对抗引力，使压力与引力相平衡的致密星，密度极大但体积很小。

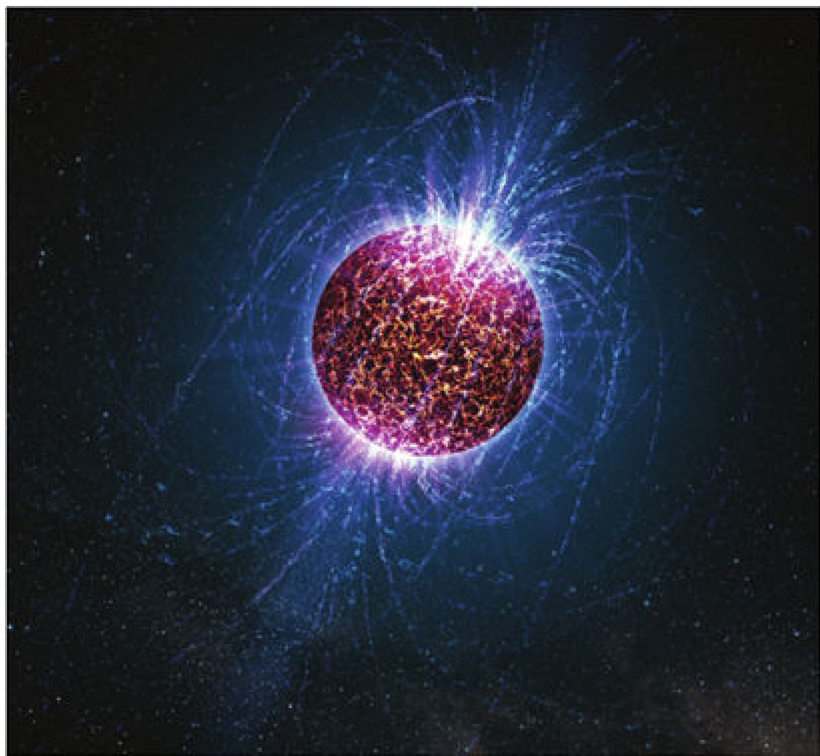
长期以来，科学家都对中子星兴趣十足，因为它们可以帮助科学家研究极端条件下的物理规律。它们的强大引力可以把电子压入质子，从而形成中子；在中子星核心，引力甚至能够把中子压碎成夸克。为了更好地了解中子星的形成与演化，一些研究人员专注于研究孤立中子星。这种中子星，已经从造就它们的超新星爆发所产生的遗迹中脱离了。过去10多年来，天文学家利用德国的空间望远镜伦琴X射线天文台（ROSAT），通过检测X射线辐射，已经发现了7颗这样的中子星，但没

有一颗能够像脉冲星一样发出射电辐射。这7颗中子星以20世纪60年代的经典电影《七侠荡寇志》（*The Magnificent Seven*）中7位主角的名字来分别命名，它们距离太阳都比较近（大多不超过2,000光年），年龄也不算大（不超过100万年）。

夸克

构成质子、中子这一类强子的更基本粒子被称为夸克。

加拿大麦吉尔大学的罗伯特·拉特利奇（Robert Rutledge）、美国宾夕法尼亚州立大学的德里克·福克斯（Derek Fox）及安德鲁·舍夫丘克（Andrew Shevchuk）在使用ROSAT数据寻找其他孤立中子星的过程中，在一片没有普通恒星的天区中发现了一个X射线源。他们利用空间和地面望远镜进一步观测发现，这个天体的光谱与“七侠”十分相似。但是，新发现的天体又和其他孤立中子星有着较大的差异，因此研究人员最终用电影中的反派角色卡尔韦拉为它命名。卡尔韦拉的银纬坐标高得出奇：从地球上看过去，这颗中子星位于银盘上方30度左右。（银经和银纬是以银河系为参考系的空间坐标，银河系内大多数恒星位于一个盘面之中，中子星也大多位于这一银盘面上，银纬一般为0度左右。）如果卡尔韦拉的物理特性与其他孤立中子星一样，它到地球的距离就是25,000光年，到银盘的距离为15,000光年。



艺术家描绘的孤立中子星，磁力线环绕着这个极端致密的恒星残骸。

这样的距离使得卡尔韦拉恰好位于银晕之中。银晕是包裹银河系的一个弥散球状区域。中子星不可能在银晕中形成，因此研究小组怀疑，卡尔韦拉可能是在诞生时，受到强烈的冲力而被抛出银盘的。但是，如果真像模型预言的那样，卡尔韦拉形成时间不到100万年，那么它飞离银河系的速度就会超过每秒5,000千米，比其他所有中子星的速度都要快。

脉冲星

脉冲星是一种快速自转的中子星，可有规则地发射毫秒至百秒级的短周期脉冲辐射，通常有10^7 ~ 10^9特斯拉的强磁场。若短周期脉冲辐射在射电波段发射则为射电脉冲星，其辐射波段通常为毫秒至秒级。毫秒脉冲星则指脉冲周期仅为毫秒级的脉冲星。

这些问题使得科学家重新考虑了卡尔韦拉的归类。他们推测，卡尔

韦拉也许是一颗毫秒脉冲星。这种中子星通过吸积伴星物质使自转加速，自转周期可以达到毫秒级。对于卡尔韦拉而言，它的伴星也许在很久以前就被它彻底吞噬了。如果这个假设正确，卡尔韦拉到地球的距离就会近得多，介于250～1,000光年之间，一跃成为距离最近的中子星。但是，当研究人员把射电望远镜对准它的时候，他们并没有探测到卡尔韦拉发出的任何超高速脉冲辐射。福克斯说："这无疑使卡尔韦拉变得更加神秘。"这些研究人员正计划通过更多的观测来查明它的性质。同时，他们也要研究其他10个孤立的X射线源，或许它们也会让科学家困惑不解。

老电影——《七侠荡寇志》

《七侠荡寇志》，又译为《豪勇七蛟龙》，改编自《七武士》，是好莱坞集合众多动作片演员拍摄的一部西部电影，于1960年上映。

影片讲述了墨西哥的一个小镇屡屡遭到强盗抢劫，万般无奈之下镇民寻找枪手来保卫家园。最后共有七名充满正义感而且身怀绝技的勇士来到村庄，力战一百多名强盗，最终将他们歼灭。而七名勇士中的四名也为了村子的和平献出了宝贵的生命。

话题七　宇宙空间的隐形“居民”



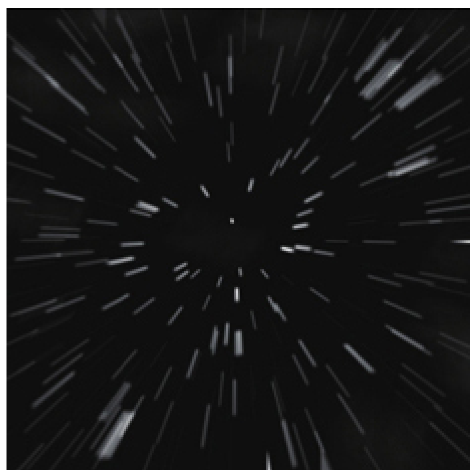
在浩瀚无垠的宇宙中，居住着数不清的天体。要想了解它们可没有那么容易——除了距离遥远，它们中的大部分还不可见。在一些星系的中心，就隐藏着一种神秘的天体：黑洞。它吞噬一切物质，包括光。还有一些物质人们怎么都观测不到，不过它们的质量不容忽视。人们将这些不可见的物质称为暗物质。不过即使难以观测，科学家们还是想出了各种办法来了解它们。

从黑洞中挽救数据

撰文 | 明克尔（JR Minkel）
翻译 | 刘旸

黑洞吞噬的数据可能会以霍金辐射的形式泄漏出来，而且如果黑洞的寿命过半，那用不了太久数据就可通过分析得到恢复。

并非所有被黑洞吞噬的东西都会消失；数万亿年后，被吞噬的数据可能会以霍金辐射的形式泄漏出来。一项分析指出，数据的恢复过程可以比原先认为的过程更快。设想爱丽丝把一些量子比特抛入一个相对年轻的黑洞；鲍勃要等到黑洞寿命过半，才能获得足够的霍金辐射来重构这些比特。不过，如果爱丽丝等到黑洞寿命过半才抛出这些比特，而且鲍勃在此前已经让自己的一些比特与爱丽丝的发生纠缠，让它们可以跨越任何距离仍然联系在一起，情况就大不一样了。



爱丽丝扔出去的比特会把纠缠传递给黑洞向外发射的霍金辐射。鲍勃只要在爱丽丝扔出比特之后，抓住几个比特的霍金辐射，再让它们与自己的比特混合，就可以从理论上重构出爱丽丝的比特。鲍勃抓住的辐射粒子，数量只需要比爱丽丝扔出去的比特多10%；考虑到黑洞每秒可以发射多达1,000个比特的霍金辐射，鲍勃用不了太久就能恢复被爱丽丝丢进黑洞的数据。

比特

比特是信息量的度量单位，指二进制中的一位所包含的信息量。

霍金也许是对的

撰文 | 约翰·马特森（John Matson）
翻译 | 庞玮

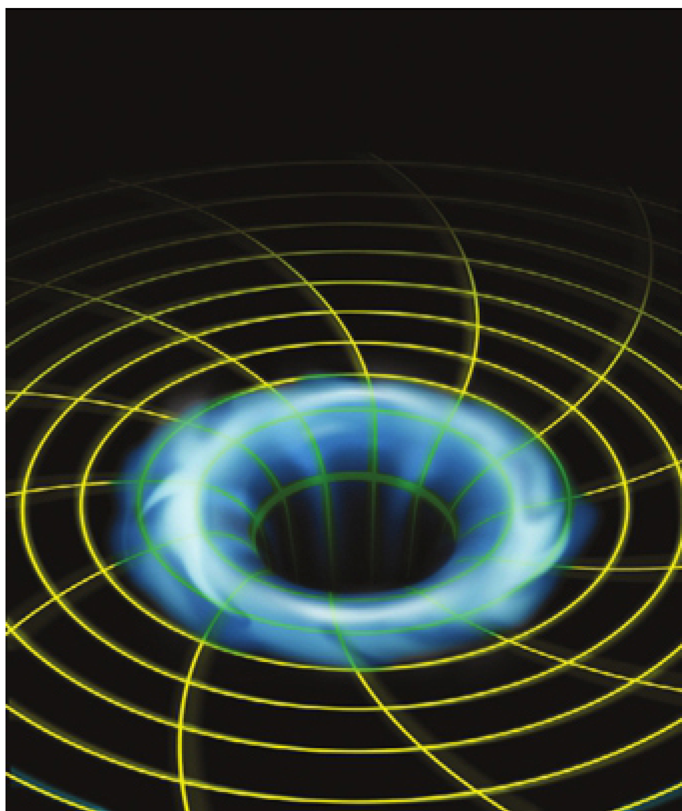
相比于笼罩在各种光环下大名鼎鼎的霍金本人，他的重要预言霍金辐射却被公众淡忘了。但科学家们从未停止探索的脚步，一群意大利科学家就通过在实验室里再现“事件视界”，观测到了与霍金的预言相符的结果，但他们观测到的是否就是霍金辐射目前还无法确定。

1974年，斯蒂芬·霍金（Stephen Hawking）预言，黑洞的外边缘会释放出微弱的粒子流，形成所谓的霍金辐射。该理论不仅确立了霍金顶尖科学家的地位，而且为他成为公众瞩目的明星铺平了道路。看看他那些频频引发话题的畅销书，还有在著名动画片《辛普森一家》（*The Simpsons*）里的客串演出，其受关注程度可见一斑。在各种光环的笼罩之下，大家只知道霍金辐射是与黑洞相关的神秘现象，而最初的那个理论却被人们，至少是被公众淡忘了。微弱的霍金辐射从未在天文观测中被证实，研究者也未能通过实验手段产生这种效应。

一群意大利科学家则另辟蹊径，来检验霍金的预言。他们用一块玻璃再现了黑洞的“事件视界”。一旦进入事件视界，任何事物都无法逃脱，即便以光速运动也是枉然。霍金却认为，正是在这个边界上会有辐射产生。他的推理是，既然普通物质和光都能被吸入事件视界，那么不断产生又消失的虚粒子应该也难逃厄运；这些虚粒子是借由量子规律从真空中成对产生的短命鬼，在宇宙中的绝大多数地方，虚粒子对都转瞬即逝，产生出来很快又湮灭于真空之中；但在黑洞事件视界边缘，虚粒子对中的一个粒子可能坠入事件视界，留下另一个粒子以辐射的方式逃离黑洞。

意大利英苏布里亚大学的物理学家达尼埃莱·法乔（Daniele Faccio）和同事一起，在一块2厘米长的熔融石英玻璃器件中制造出了事件视界。选用这种玻璃是因为，在强激光脉冲的照射下，脉冲点周围的光速会被减慢，甚至可以降低到零，于是在脉冲点周围就形成了一个事件视界，随着脉冲一起运动。任何光子都无法穿透这一事件视界。如果

在接近这个事件视界的地方有一对虚光子产生，其中一个光子就有可能被运动中的事件视界扫除，另一个光子则得以逃逸，二者无法相遇湮灭而重归真空。法乔等人在实验中记录到了从玻璃中向外射出的光子，平均每100个脉冲就有1个此类光子出现，而且所有特征都与霍金预言的辐射相吻合。他们已经将实验结果发表在了2011年出版的《物理评论快报》（*Physical Review Letters*）上。



对于如何解释这些观测结果，物理学家仍有分歧。苏格兰圣安德鲁斯大学的乌尔夫·伦哈特（Ulf Leonhardt）认为，该实验的确是人类第一次观察到霍金辐射。其他人则不那么确定。美国马里兰大学的西奥多·雅各布森（Theodore A. Jacobson）说，他更倾向于相信另一个研究组公布的结果——他们在流水中观察到了霍金辐射的非量子对应物。他指出，法乔的小组尚不能确定光子是在事件视界边缘成对产生的。法乔自己也提到："我们所用的玻璃块是个庞然大物，我们没办法确定另一个光子最后去了哪里。"不过，作为人工事件视界实验方案的提出者，伦哈特眼下也在研究同样的现象。他采用了尺度较小的光纤，能够将两个光子

全都检测出来，这样就能确定它们是否源于一处。法乔说：“只要实验一出结果，所有的争论都将尘埃落定。”

霍金的新黑洞理论

撰文 | 迈克尔·莫耶（Michael Moyer）
翻译 | 王栋

一个有着数十年历史的悖论再次浮现。这个悖论正是由霍金提出的。面对再次出现的难题，霍金给出了新的解释。

2014年年初，当霍金提出“黑洞不存在”而让人们议论纷纷时，他并不是真的在谈论黑洞，至少不是你我想象中的黑洞（一种能吞噬包括光在内的一切物质的天体）——它们还是一如既往那么“黑”，这一点所有物理学家都没有异议。

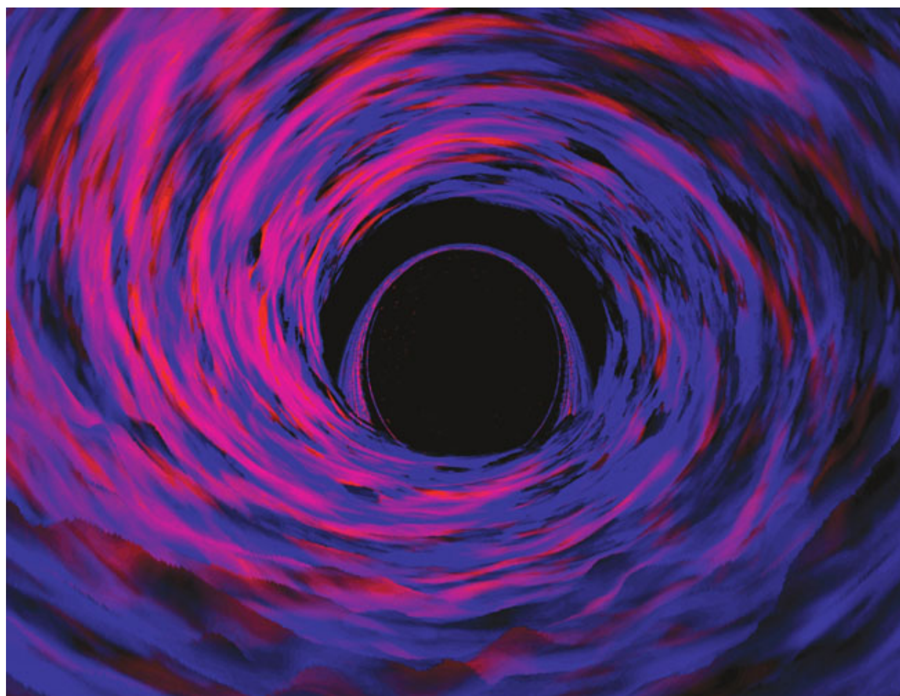
相反，霍金的“妙语”是在对黑洞做一种新的理论分析。同许多理论物理学家一样，霍金也一直在试图理解一个足以撼动物理学核心的悖论，即“黑洞防火墙悖论”。这个理论如果成立，就意味着物理学家或许不得不抛弃（或者大改）量子力学和广义相对论这两大理论中的一个，甚至要同时抛弃或修改这两大理论。

所谓的“防火墙问题”，与霍金上世纪70年代首次提出的一个悖论有关。该悖论考虑的是这样的问题：掉进黑洞里的信息会怎样？根据量子力学法则，信息永远不可能消失。甚至烧掉一本书也不能毁掉其中包含的信息——书中的信息只是被混杂在了一起。但是，黑洞似乎确实能毁坏信息，将信息吸入“视界线”——一个不可逃脱的边界。

黑洞信息悖论困扰了物理学家20年。上世纪90年代末，这个悖论似乎得到了解决。当时，研究人员发现，信息能通过“霍金辐射”的形式从黑洞中逃逸出来。但在2012年，美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的物理学家却对这种解释提出了质疑。他们认为，视界线的作用不是像科学家以前认为的那样，而是像一堵“防火墙”，能阻止外面的霍金辐射同内部的物质在量子层面保持纠缠。

霍金的最新工作，是在试图给出新的解释。他提出，黑洞除了视界线外，还具有一个“视平线”。这两者几乎是一回事。信息可以从黑洞内部抵达视平线。在那里，量子效应能模糊视平线和视界线之间的界限，有时候会让信息能够逃脱出去。因此，如果你能持续观察它们数百万亿

年，你会发现黑洞并非完全“漆黑”的。不过，霍金在论文的最后也承认，关于黑洞的一些基本问题，我们仍无法理解。



观测黑洞自转

撰文 | 凯莱布·沙夫（Caleb Scharf）
翻译 | 赵昌昊

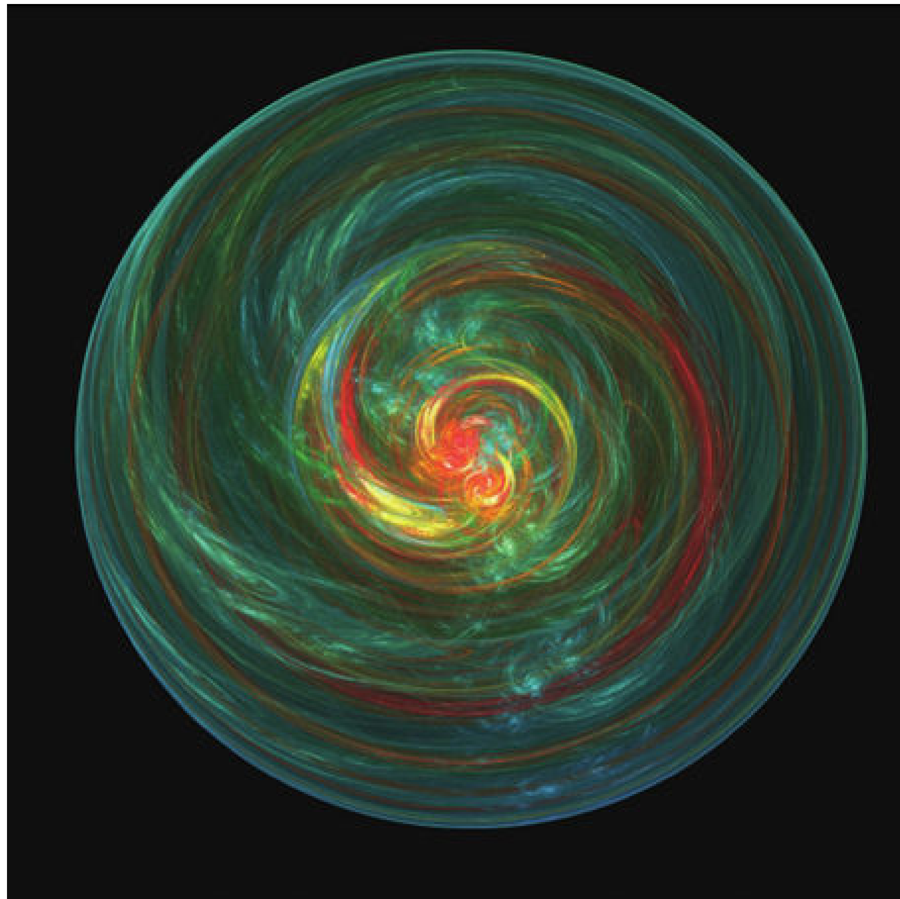
想要了解遥远的黑洞非常困难，不过天文学家想出了好办法。他们通过研究一对黑洞双星来测定其中一个黑洞的自转速度。

黑洞可能质量极大，但极其致密，因此想要认识距离我们十分遥远的黑洞并不容易。为了测定黑洞的物理性质，天文学家必须找到十分巧妙的观测手段。

一个国际天文学研究团队提出了一种方法——利用大质量黑洞双星系统中两个黑洞的相互作用，测量单个黑洞的自转速度，这一研究结果发表在了《天体物理学杂志通讯》上。

OJ 287是距离地球约35亿光年的超大质量黑洞双星系统，其中质量较大的黑洞大约有180亿倍太阳质量，较小的则只有1.5亿倍太阳质量。由于两个黑洞质量相差悬殊，小黑洞的轨道穿过了大黑洞的吸积盘。吸积盘是一团围绕黑洞旋转的超高温物质，会发出大量可见光，而小黑洞每隔12年便会穿过大黑洞的吸积盘，导致观测到的光强发生变化。

天文学家根据大黑洞周围可见光变化的规律，并考虑到小黑洞的椭圆轨道的进动，成功预测到OJ 287双星系统在2015年11月和12月各有一次光强变化。在这期间，他们精确地测量出可见光的强度改变量，从而间接获知大黑洞的自转速度。结果表明，大黑洞的自转速度是广义相对论所允许的最大自转速度的31%。



将本次观测数据与先前的观测进行比对，结果明确地显示出该系统的绕转周期在不断缩短，这是由于系统正在向外辐射引力波。引力波是黑洞运动所引起的时空结构的振荡，它会从双星系统中带走能量，导致两个黑洞逐渐靠近。

换句话说，天文学家正通过OJ 287双星系统目睹两个超大质量黑洞的合并过程。而在黑洞临近合并的阶段，它们将越转越快，光强变化也会更加频繁。

黑洞生于红超巨星？

撰文｜李·比林斯（Lee Billings）
翻译｜沈添怿

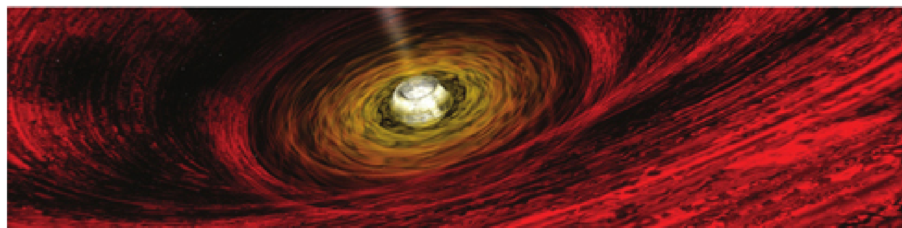
研究人员认为，当某些红超巨星的核心发生坍缩时，它们直接形成了黑洞，而并没有成为超新星。

在侦探故事《银斑驹》（*Silver Blaze*，又译为《白额闪电》或《银色马》）中，大侦探福尔摩斯（Holmes）留意到了一些本该发生却没有发生的事情——看门狗在半夜时分并没有吠叫，从而破解了一桩谋杀案。同样，天文学家也正试图通过寻找没有发生爆炸的恒星，来破解宇宙学谜题——黑洞的诞生。

比太阳的质量大许多倍的恒星，通常以超新星的形式结束它的一生——质量巨大的内核发生坍缩，触发剧烈的爆炸。超新星非常明亮，足以让宇宙另一端的我们在地球上对其进行观察和研究。现代天文学家虽然还没有在我们的银河系观察到超新星，但在临近星系观测到了前身星，由此证实曾经发生过几十次超新星爆炸。然而奇怪的是，虽然质量更大的恒星也应以超新星的形式终结，但迄今为止观测到的超新星却没有质量超过太阳17倍的。

理论物理学家猜测，黑洞或许可以解释这一现象。当某些红超巨星的核心发生坍缩时，它们直接形成了黑洞，吞噬分崩离析的星体，而并没有成为超新星。从远处看，消失的恒星可能正宣告着一个黑洞的诞生。

“我们称之为‘失败超新星’，”美国加利福尼亚大学圣克鲁斯分校的天体物理学家斯坦·伍斯利（Stan Woosley）在电脑上模拟过这一过程，他说，“第一眼看到的是红超巨星，再一眼却不见了，简直出神入化。”



2008年，克里斯托弗·科哈内克（Christopher Kochanek）和美国俄亥俄州立大学的同事提出了一个寻找这些消失恒星的方法。大多数针对超新星的研究都把重点放在寻找明亮的闪光上，与此相反，科哈内克提出，监控大约30个相邻的星系，在恒星突然消失的位置，寻找可疑的暗区。

2015年，根据位于美国亚利桑那州的“大型双筒望远镜”的观测，科哈内克与两位同事吉尔·盖克（Jill Gerke）、克日什托夫·施塔内克（Krzysztof Stanek）确信，他们已经找到一颗“失败超新星”——NGC 6946星系中的一颗红超巨星发生了短暂的爆发，随后便在眨眼间不见了。

到2016年，天文学家或许已经两次见证了黑洞的诞生。2015年7月，英国剑桥大学的托马斯·雷诺兹（Thomas Reynolds）、摩根·弗雷泽（Morgan Fraser）和杰勒德·吉尔摩（Gerard Gilmore）宣称，在哈勃空间望远镜观测NGC 3021星系的存档中，发现另一颗红超巨星在星团中蜕变为了黑色。这两个团队的研究成果均刊登于《皇家天文学会月刊》。

当然，这两个案例可能还有其他平淡无奇的解释：恒星的亮度可能存在变化，会产生巨大的波动，恒星也有可能迁移到了尘埃背后。接下来，这两个研究团队计划利用空间望远镜进行更深入的观测，以为恒星蜕变为黑洞这种说法找到更多证据。

对他们来说，最好的景致就是视野之内空空如也。“恒星的星光可能会发生变化，”科哈内克说，“但死亡对于恒星来说是永恒的。”弗雷泽表示：“如果恒星重新出现了，那么很明显，它们并没有发生爆炸，对于‘失败超新星’的寻找也将重新上路或就此停止。”

暗物质催生特大黑洞

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | 庞玮

特大黑洞是如何在短时间内形成的？这个疑问一直以来都没得到解答。根据科学家们的猜测，问题的关键有可能是暗物质。他们提出，暗物质可以为暗星提供能量，而这些暗星的直径可达太阳的**20**万倍，特大质量暗星最终会坍缩成巨型黑洞。

质量超过太阳10亿倍的黑洞藏身于很多星系的中心，驱动这些星系旋转和演化。在大爆炸之后大约137亿年的今天，这是宇宙中常见的景象。而在早期宇宙中，这样的特大质量黑洞非常罕见，或者说从理论上讲应该非常罕见。因为按照现有的恒星演化理论，黑洞需要非常长的时间才能长成这样的庞然大物。然而证据表明，这类特大质量黑洞在大爆炸后最多经过了10亿年就已经存在了，这着实难住了科学家。现在这个谜团似乎可以解开了，关键要靠一种神秘物质——暗物质。

早期宇宙特大质量黑洞之谜在2003年初见端倪，当时斯隆数字化巡天发现了五六个这样的黑洞。按照常规思路，大爆炸后大约2亿年诞生了第一批常规的恒星。但考虑到当时宇宙的状态，这些恒星最多形成100倍于太阳质量的黑洞，根本就没有足够长的时间让这些黑洞合并成年龄仅有10亿岁、质量却有太阳10亿倍的庞然大物。

美国密歇根大学安阿伯分校的理论物理学家凯瑟琳·弗里兹（Katherine Freese）及其同事认为，暗物质或许能解决这个让人头疼的问题。虽然看不到暗物质，但通过它们施加的引力影响，我们已经证明它们确实存在，并且它们至少占到宇宙中物质总量的80%。不过，对于暗物质到底由什么构成，科学家仍没有答案。在诸多猜测中，最有希望的候选者是被称为中性微子的弱相互作用大质量粒子（WIMP）。中性微子能在相互碰撞时湮灭，释放出热、伽马射线、中微子、正电子，以及反质子之类的反物质粒子。



弗里兹及其合作者对年龄仅有8,000万到1亿年的早期宇宙进行了计算，此时原恒星气体云正要冷却收缩，它们的引力应该会把中性微子吸引进来并相互湮灭，释放出的能量应该可以点亮第一批“恒星”。这些“恒星”不像普通恒星那样以核聚变为能量来源，而是由暗物质湮灭提供能量，因此被弗里兹等人称为“暗星”。

弗里兹小组的初步结果暗示，暗星的体积会让常规的恒星“自惭形秽”，因为暗星不必像常规恒星那样，为了挤压原子核使之聚变而维持高密度，所以它们可能极为蓬松，最大可达太阳直径的20万倍。科学家还预测暗星较低的表面温度能让它们达到1,000倍太阳质量，相比之下，现有常规恒星的质量上限仅有大约150倍太阳质量。

弗里兹及其同事估计，暗星成长到10万倍太阳质量以上，才会耗尽燃料开始坍缩。他们重新分析了中性微子流入暗星被原子捕获的频率，得出了新的结论：暗物质粒子提供燃料驱动暗星成长的时间比原先的预期要长得多。他们将分析结论投稿给了《天体物理学杂志》。

超大质量暗星耗尽暗物质之后会收缩并触发核聚变，以常规恒星的形态继续存在大约100万年。这些恒星不会发生超新星爆炸，用弗里兹的话来说，这是因为“它们太大了”。相反，它们会直接坍缩成同等质量的黑洞。几个这样的黑洞合并在一起，就可以在大爆炸后10亿年内形成巨型黑洞。

超大质量暗星应该会比太阳耀眼10亿倍，温度则维持在太阳的水平上，散发出黄色的星光。弗里兹希望，未来将发射升空的韦布空间望远镜能够看得足够远，从而检测到这些蓬松的庞然大物。今天的宇宙里不太可能再有暗星形成，因为如今暗物质的平均密度仅有当年暗星形成期的1/8,000，那时的宇宙要比现在致密得多。

并不是所有人都买暗星的账。美国密歇根州立大学的天体物理学家

布赖恩·奥谢（Brian　O’Shea）认为，这个理论建立在对暗物质的属性做了过多假设的基础之上。他举例说，暗物质也可能由轴子构成，这是理论上存在的另一种不可见粒子。轴子间不会相互湮灭，因而也就无法形成暗星。

不过，美国得克萨斯大学奥斯汀校区的天体物理学家保罗·夏皮罗（Paul R. Shapiro）认为，暗星“是从一个合理的暗物质模型推导出的合理结果”。如果科学家真的找到了暗星，它们不仅能帮助我们解释那些黑洞，还能提供关于暗物质构成的线索。奥谢则评论说：“如果暗星真的存在，那它们肯定冷得令人难以置信。”

雄心勃勃的斯隆数字化巡天

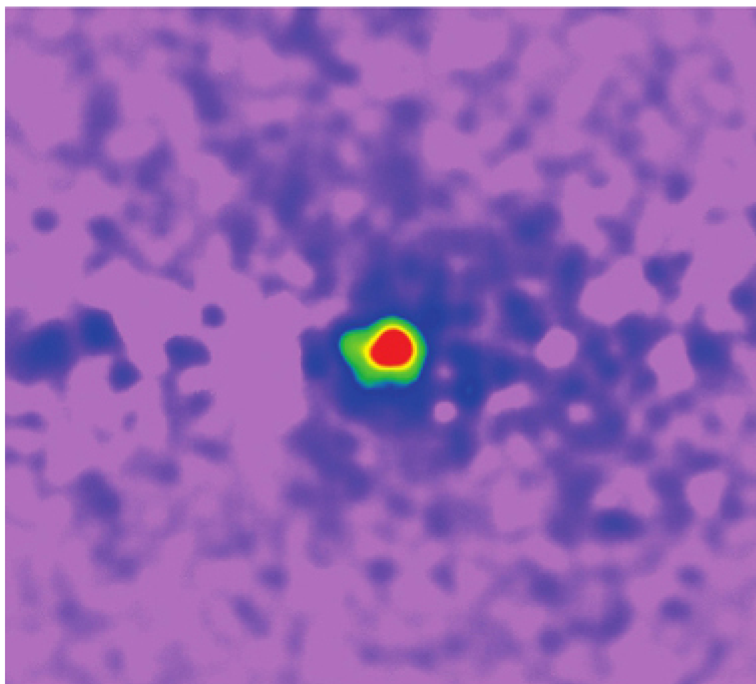
斯隆数字化巡天堪称天文学史上一项最具雄心和影响力的天文观测项目。通过使用新墨西哥州阿帕奇顶点天文台的一台专用2.5米口径望远镜，它深化了我们对宇宙一些基本问题的认识。自从2000年启动以来，该项目已经完成三个阶段的巡天任务：第一阶段从2000年持续到2005年；第二阶段从2005年到2008年；第三阶段从2008年到2014年。经过三个阶段的运行，它已经获取了超过全天四分之一的光学图像和超过100万个星系、类星体和恒星的光学光谱数据。2014年，项目的第四阶段已经开始，对宇宙中从未探索过的区域开展全新研究。通过对大量星系、类星体、恒星等天体的观测，斯隆数字化巡天将绘制出最精确的宇宙结构图，为科学家研究星系在宇宙中的分布、测定宇宙的基本特性、寻找宇宙中最遥远的天体提供数据支持。

暗物质“现身”？

撰文 | 克拉拉·莫斯科维茨（Clara Moskowitz）
翻译 | 王栋

为了揭开暗物质的神秘面纱，科学家时刻关注着来自宇宙的信号。银河系中心发出的神秘之光，或许是暗物质粒子首次向我们展露真容。

暗物质或许是宇宙中最令人迷惑、最神出鬼没的组成部分之一。虽然科学家认为宇宙总质量中的绝大部分来自于它，但没有人能确认这一点，因为从没有人真正看到过它。不过现在，暗物质似乎终于显露出一点真容了。美国国家航空航天局的费米伽马射线空间望远镜，记录到了源自银河系中心的高能伽马射线，这一现象与有关暗物质的预言正好吻合。在2014年4月举行的美国物理学会会议上，美国珀杜大学的物理学家拉斐尔·兰（Rafael　Lang，未参与此项研究）评价：“我认为这是目前为止得到的最令人激动的信号。”如果科学家记录到的高能伽马射线的确由暗物质造成，这将是科学家首次直接探测到构成暗物质的粒子。



在各种有关暗物质的假说中，认为暗物质由弱相互作用大质量粒子（WIMP）构成的假说最有可能是正确的。WIMP是自身的反物质同伴，会在相互碰撞时湮灭，同时生成普通物质粒子，并随即产生伽马射线光子。因为银河系中心是暗物质最为密集的地方，所以那里是寻找伽马射线光子的最佳地点。

此前科学家就发现，费米伽马射线空间望远镜观测到的来自银河系中心的伽马射线强度超出预期。但对此进行的分析，一直没能得到一个确定的结论。而这次发现的则是一种更显著的高能伽马射线信号——它的源头从银河系中心发出，一直延伸到了5,000光年范围之外（见上页图）。“看起来，这同我们一直期待的暗物质图像一模一样。”美国国立费米加速器实验室的丹·胡珀（Dan Hooper）说。他是该项研究的参与者之一。

当然，“重大的科学新发现，要有强大的证据支撑”。在用其他仪器设备或在其他地方再次观测到该信号之前，大多数科学家仍会对这一发现持保留态度。但是，不论结果如何，我们离揭开暗物质的神秘面纱都更近了一步。

暗光子：暗物质新线索

撰文｜克拉拉·莫斯科维茨（Clara Moskowitz）
翻译｜李想

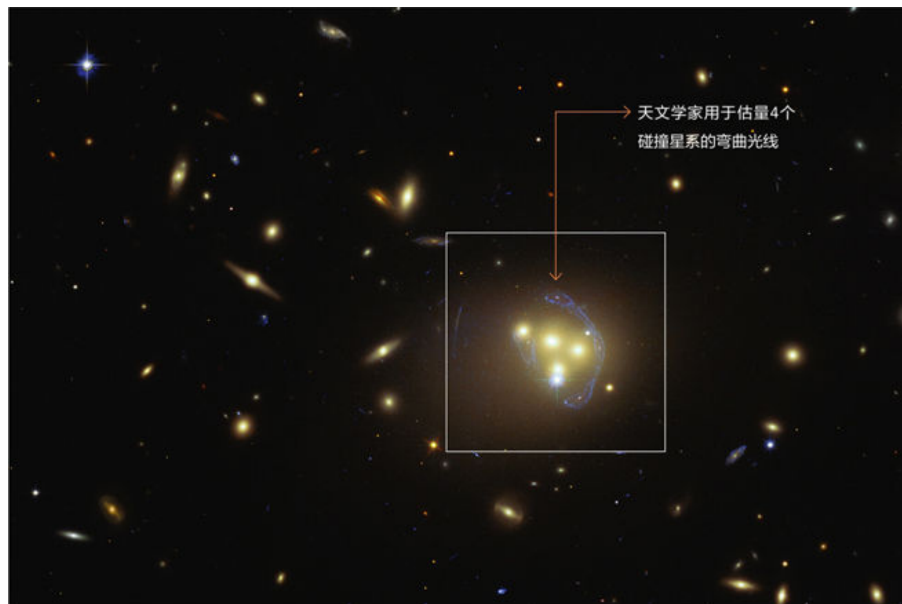
为了找到暗物质，人们想出了各种方法。几十年苦苦搜寻，物理学家终于找到了有关暗物质的新线索。

宇宙中藏着某种神秘的东西。它看不见摸不着，我们仅能通过它施加给宇宙万物的引力，知道它的存在。几十年来，有关暗物质的假设一个一个被否定，随着候选范围的层层缩减，物理学家已开始隐隐不安。要是最后一个假设也被否定，该如何是好？难道我们注定永远无法探查这些占宇宙总质量大部分的物质吗？

2015年早春，对这个问题的解决忽然变得柳暗花明。研究人员找到了一条近年来最有价值的线索：一些新的作用力似乎能让暗物质“开口说话”。这一发现或许能帮助我们弄清，暗物质由何种粒子构成。

这条新线索是在观察宇宙角落里一个名为艾贝尔3827的星团时被发现的。天文学家利用“引力透镜效应”（指光经过大质量物体时会发生弯折的现象）锁定了暗物质在该星系团内4个相互碰撞的星系间的位置。哈勃空间望远镜和位于智利的甚大望远镜发现，至少有一个星系，其周围的暗物质，明显落在了普通物质的后面。这意味着一个从未被观测到的现象：暗物质中的粒子正发生相互作用，并因此拖慢了自己的脚步。

由英国杜伦大学理查德·马西（Richard Massey）领导的研究小组推测，因为这一相互作用并未影响到普通物质，所以这种作用肯定是由引力之外的某种只影响暗物质的力主导的，比如一种由交换“暗光子”而形成的力。这类似于普通质子依靠电磁力进行相互作用的情形：当两个质子相互靠近时，每个质子都将释放一个光子——电磁力的载体——并吸收对方的光子。动量由此交换，质子彼此分离。



这一消息吸引了正在苦苦搜寻暗物质的物理学家们，来自美国纽约大学的物理学家尼尔·韦纳（Neal Weiner，未参与上述研究）说："如果真是这样，那可要天翻地覆了。"暗光子方案从一种最基本也最流行的暗物质理论发展而来，该理论认为暗物质由一种通常称为"弱相互作用大质量粒子（WIMP）"的粒子构成。不过暗光子及其独有的相互作用，可以解释一些WIMP单粒子方案无法回答的问题，例如为何星系中心的密度会低于原先计算的结果。

暗光子方案将帮助物理学家从暗物质"候选名单"上再划掉几个不靠谱的选项。"虽然我们从各种各样的途径获得了暗物质存在的证据，"韦纳说，"但除了引力相互作用外，我们对它仍一无所知。如果暗物质确实存在这种自相互作用，那么有一大堆关于暗物质的理论模型就可以被淘汰了。"

这一发现发表在了2015年6月的英国《皇家天文学会月刊》上。值得一提的是，这个发现可能与许多著名的暗物质假说相左，因为这些假说中的暗物质粒子是从超对称理论中导出的。超对称理论是一个试图解答许多物理学谜题的诱人理论，例如，它假设基本粒子种数比目前已知的更多，以此来解释希格斯玻色子的质量为何如此之小。但即便推出暗物质是由这些粒子中的某一种（比如WIMP）构成，这一理论的大多数版本也不包含自相互作用。



哈勃空间望远镜发现暗物质在星系碰撞中的异常行为。

参与该项研究的科学家则认为，现在就排除其他更“平庸”的解释还为时尚早。例如，当暗物质处在碰撞星系之外，同时又恰在地球的视线上，则可能增强引力透镜效应。“对这项研究不利的方面是，这个发现仅是一个孤立事件，”团队成员、来自瑞士洛桑联邦理工大学的戴维·哈维（David Harvey）说，“宇宙中有太多的未知，我只能说一切皆有可能。”况且，在之前对其他星团的搜寻中，也没找到过暗物质自相互作用的迹象，这其中就包括2015年3月哈维领导的一项涉及72例星团碰撞而非个别星系碰撞的研究。不过，星团碰撞的速度比星系碰撞的速度更快，留给暗物质进行自相互作用，并显出滞后迹象的时间也更少，所以两项研究的结果并不矛盾。

即便后来的观测没能引入新的作用力和暗光子方案，艾贝尔3827星团仍然让物理学家在“暗物质不是什么”这个问题上前进了一步。与此同时，地下探测暗物质粒子的搜寻仍然无果，欧洲核研究中心的大型强子对撞机目前也仍未找到暗物质粒子。科学家期盼能很快出现转机：2015年4月重启的大型强子对撞机达到了它的最高能量上限，探测器的灵敏度也会调至最高。“暗物质是如此令人费解，我们想要的数据不知何时才能获得，”哈维感叹，“我感觉如果现在还不出现转机，就永远都不会出

现了。”

PandaX实验暂未探测到暗物质

撰文 | 韩晶晶

想要捕捉到暗物质的踪迹绝非易事。虽然灵敏度更高的实验尚未发现暗物质，但为暗物质理论提供了更强的限制。

暗物质依然难以捉摸，但它已经渐渐被科学家逼入死角了。2016年，上海交通大学的PandaX（粒子和天体物理氙探测器）暗物质探测实验的新结果公布。实验虽未探测到暗物质粒子，但更进一步地限定了它的性质。

物理学家认为，整个宇宙的物质中有大约84%是暗物质，而中子和质子等构成的普通物质仅占了很小的一部分。暗物质不参与电磁相互作用，也不会发出电磁辐射。正是这样，它们才得到了“暗”物质这个名称。但是，它们会通过引力对宇宙施加巨大的影响，支配着星系和星系团的形成和演化。暗物质对天体物理学意义重大，但遗憾的是，我们至今仍不知道它们究竟是什么。

目前，最受科学家青睐的暗物质候选者是弱相互作用大质量粒子（WIMP）。这种粒子本身尚未得到证实，只是超对称理论的一个预言。该理论认为，任何一种粒子都存在一个超对称伙伴，而WIMP就是这类伙伴粒子中最轻的一种。

研究者一直在通过多种手段寻找WIMP，其中一种关键的手段就是直接探测。WIMP粒子虽然几乎不与普通物质发生作用，但还是有很小的概率会撞上原子核。目前，有很多实验就是以此为基础设计的。这些实验的装置中有大量的锗、液氙，或者液氩等物质，当WIMP撞击其中的原子核时，会把部分能量转移给它们，使它们发出可以探测到的信号。

PandaX实验使用的就是液氙。第二期实验运行的时候，探测器灵敏区域内的液氙的质量已经扩大到了580千克。该实验由上海交通大学牵头，参与机构包括北京大学、山东大学、中国科学院上海应用物理研究所、中山大学、中国科学技术大学、中国原子能科学研究院和雅砻江流域水电开发有限公司等。

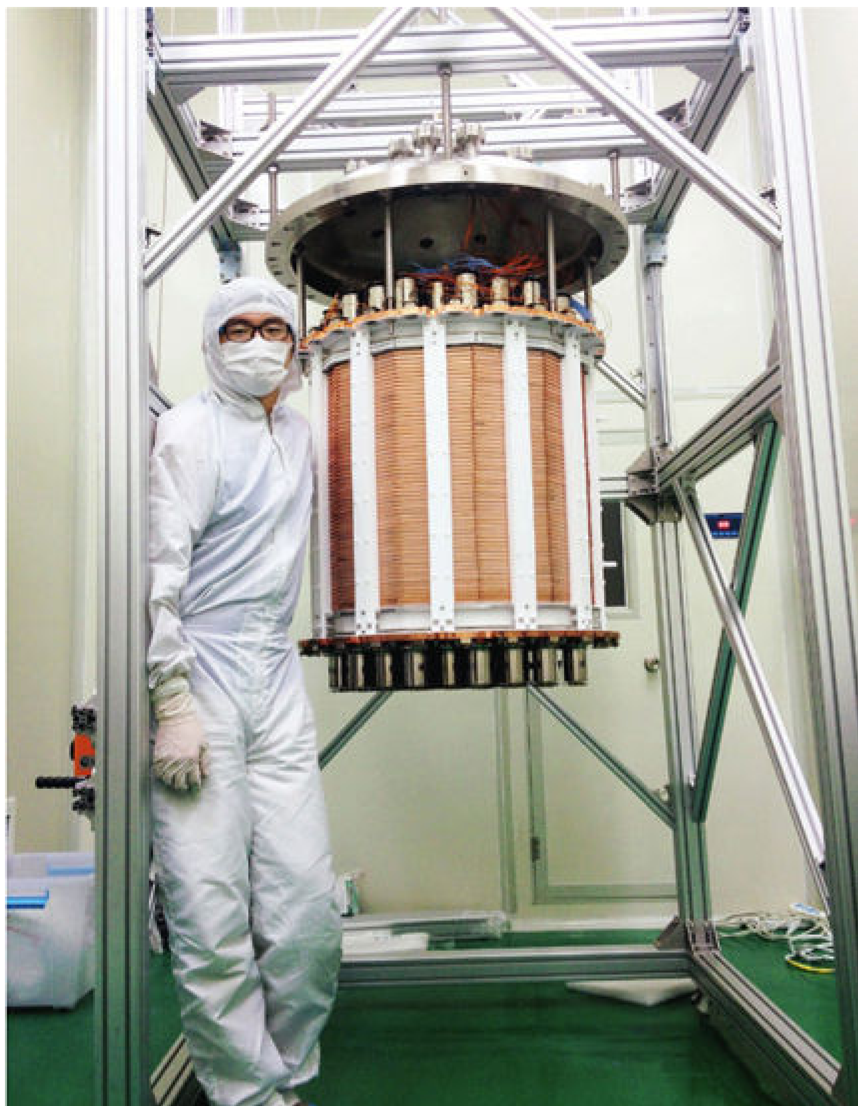
暗物质探测实验的一大难题就是如何屏蔽宇宙射线带来的干扰，因此这类实验装置往往设置在地下深处，利用厚厚的岩石屏蔽干扰。例如大型地下氙探测器（LUX）就隐藏在美国南达科他州的废金矿深处，距离地表1,480米。而PandaX实验有所不同，它所在的中国锦屏地下实验室位于四川锦屏山长逾17千米的隧道内，实验室上方厚达2,400米的锦屏山山体起到了屏蔽宇宙射线干扰的作用。岩石本身放射性产生的辐射则由一个100吨的聚乙烯、铅及高纯铜组成的屏蔽体来隔离。

尽管如此，PandaX还是无法完全杜绝其他粒子带来的背景干扰，因此研究者需要采取一些办法从干扰信号中分辨出真正的暗物质信号。实验组成员、上海交通大学的谌勋在接受《环球科学》记者采访时介绍："不同的暗物质探测实验区分暗物质信号和背景信号的方法各不相同。具体到PandaX暗物质探测实验来说，我们采用了二相型氙的探测方案。"二相指的是探测器中不仅有液态氙，也有气态氙。WIMP撞击氙原子核后，不仅会激发原子发出闪光，还可能导致原子电离，逃出来的电子在电场的作用下会进入气态氙，也发出闪光。而背景信号的主要来源是周围环境产生的伽马光子和中子。伽马光子与氙原子的电子作用，中子和原子核相互作用，同样也会产生类似的闪光信号。

谌勋说："WIMP主要和原子核作用，而伽马光子主要和电子作用，这两种碰撞在液态氙和气态氙中产生的两次闪光信号的大小比例有明显差别，与电子碰撞时，在气态氙中产生的信号更强。通过这种方法，我们可以将来自伽马光子的本底信号和暗物质信号区分开来。中子则可能在探测器里面多次散射，从而产生多次闪光信号，这样我们也能够排除部分中子本底。"

PandaX实验于2016年7月公布的最新结果显示，从2016年3月到6月，PandaX探测器记录了约3,000万次粒子事件。经分析，这些事件被一一排除，最后剩下的可疑事件只有2016年6月11日3时3分6秒的一个。但研究者通过分析最终认定，这个事件来源于探测材料的放射性，也不是源自暗物质粒子。

谌勋表示："我们的实验没有发现暗物质，但是可以根据我们的探测器里面氙的质量以及运行时间，在暗物质的标准天文学假设下，给出WIMP与普通物质的散射截面的上限，从而对暗物质理论提供更强的限制。随着实验规模变大和实验时间变长，这个限制将越来越严格。如果有些理论是对的话，实验将极可能发现它们所预言的暗物质信号。"



PandaX第二期实验所用的探测器

随着暗物质探测实验的灵敏度不断提升，我们可能离发现WIMP正越来越近。不过，如果暗物质其实并不是WIMP，这种实验并不能帮我们把它彻底排除掉。如果实验装置已经非常灵敏，却还是没有探测到WIMP，就会陷入一种尴尬的境地：探测实验会开始捕捉到中微子信号。中微子几乎无处不在，没有任何办法能屏蔽它们，而且它们产生的信号和WIMP无法区分。“因此，存在一个所谓的‘中微子本底’极限，当实验灵敏度到达这个极限之后，将无法区分看到的信号来自中微子还是暗物质，也就不能对低于这个极限的WIMP暗物质进行任何限制了，”谌

勋说，“但是要达到中微子极限需要数十吨级别的液氙探测器，通过几年的观测才能实现。在目前的极限和中微子本底之间，还有很大的空间等待我们去探索。”

暗物质研究前途未卜

撰文｜李·比林斯（Lee Billings）
翻译｜赵昌昊

暗物质到底是什么？曾经被寄予厚望的弱相互作用大质量粒子或许不是正确答案。对这种粒子的探测屡屡受挫，于是物理学家开始尝试寻找其他可能的暗物质粒子。

近几十年，物理学家期望能够探测到弱相互作用大质量粒子（WIMP），以推动物理学的发展。整个宇宙有85%左右的质量来自暗物质。暗物质不发光，也很难与普通物质发生相互作用。物理学家曾经猜测，WIMP是构成暗物质的粒子。然而，迄今最灵敏的暗物质探测实验仍然没能发现其踪迹。也许是WIMP隐藏得太深，也许是我们认识宇宙的知识根基本身不牢固——WIMP可能根本不存在。很多科学家仍然期待更先进的实验装置能够探测到WIMP，但其他人则开始重新将目光投向一些过去一直不看好的暗物质理论。

2016年夏天，大型地下氙探测器（LUX，位于美国南达科他州的布莱克丘陵）的实验结果显示未能探测到WIMP。探测器中含有的1/3吨液态氙，维持在－100℃，存放于地下约1.5千米深的巨大水箱中，这样山体和水可以屏蔽大多数无关辐射。研究人员花了一年多时间寻找WIMP与氙原子核碰撞发出的光，但在2016年7月21日，他们宣布未能探测到WIMP。

2016年8月5日，人类历史上建造的最大的粒子加速器——欧洲核研究中心的大型强子对撞机（LHC，邻近瑞士日内瓦）也宣布未能探测到WIMP。从2015年春季起，为了寻找WIMP的踪迹，LHC就开始用前所未有的高能量使质子对撞，对撞频率高达每秒10亿次。早期，两个研究团队在碰撞产生的亚原子残骸中发现了多余的能量，从物理机制上说，这一反常迹象可能源于WIMP（准确地讲，也有很多其他可能）。然而，随着LHC对撞数据的积累，多余能量逐渐隐去，这也就意味着之前观察到的只是随机性的统计涨落。

两组实验都不能证明WIMP存在，这对于暗物质探测来说有好也有

坏。一方面，实验结果更进一步限制了WIMP的质量范围和相互作用强度，为我们设计下一代WIMP探测器提供了依据。另一方面，实验结果也排除了几个最简洁、最有希望的WIMP模型，这使得科学家越发担忧，WIMP可能是人类探测暗物质历程中走过的一段弯路。

爱德华·科尔布（Edward W. Kolb）是美国芝加哥大学的一位宇宙学家，他在20世纪70年代为WIMP探测做了奠基性工作，并且称21世纪的第2个10年是“WIMP的10年”。但现在他承认，实际的探测工作并没有预期那样顺利。“相比5年前，我们现在对WIMP的了解只少不多。”科尔布说。他表示，大多数理论物理学家希望“让WIMP理论百花齐放”，发展出更加复杂和奇异的理论，来解释这种本该遍布宇宙空间的粒子究竟是如何躲过了人类的探测器。

理论工作者有两点彼此相关的理由来支持WIMP探测。其一，WIMP是粒子物理标准模型的一种广为接受的扩展理论的自然推论。该理论预言，在宇宙大爆炸后很短的时间内，WIMP就已经产生。其二，如果宇宙早期确实产生了这些WIMP，那么根据直接计算的结果，现阶段WIMP的总量和性质，与根据天文观测推测出的暗物质的总量和性质几乎完全吻合。如此巧合，堪称“WIMP奇迹”。它支持着粒子物理学家在几十年间努力寻找WIMP，但现在有些理论物理学家开始怀疑这一理论是否真的合理。

例如，美国加利福尼亚大学欧文分校的物理学家冯孝仁（Jonathan Feng）和贾森·库马尔（Jason Kumar）在2008年提出，超对称理论可以预言一系列比WIMP质量更小、相互作用更加微弱的粒子。冯孝仁说：“这种粒子的总量与我们现在所观测到的暗物质相当，但它不是WIMP。该理论与WIMP理论看上去都非常可信，打破了我们以往对WIMP理论的笃信。我们把这一理论结果称为‘无WIMP奇迹’。”



暗物质的艺术概念图

理论对于简单WIMP模型的支持越来越弱，实验上又始终没有探测到WIMP，这让包括冯孝仁在内的许多物理学家开始觉得，也许WIMP只是某种更复杂的物理图景中的一个局部——宇宙中可能还有一个隐秘未见的“暗区域”，其中各种各样的“暗粒子”彼此之间通过一套“暗力”发生相互作用，比如“暗电荷”之间可以通过交换“暗光子”进行相互作用。

暗区域模型中，待定参数非常多。物理学家可以自由调节这些参数，使得理论模型能够满足新的观测数据对该模型的限制。不过这样一来，想要通过实验最终确定某一个具体模型是正确的，也会格外困难。

美国普林斯顿大学的天体物理学家戴维·斯珀格尔（David Spergel）说：“有了暗区域模型，我们几乎可以随意创造出任何想要的结果。现在，我们无法依靠‘WIMP奇迹’指引道路，因为可能的理论模型实在太多。我们根本不知道正确的模型到底在何方，只有等大自然透露更多线索，我们才能继续探索下去。”

有些物理学家则认为，大自然已经暗示我们，应该完全放弃WIMP模型，另求他法。比如，“幽灵粒子”中微子已经被实验证实有3种类型，即3种“味”。尽管这3种类型的中微子的总质量不足以构成宇宙中所有的暗物质，但中微子质量不为零，这一性质意味着宇宙中还可能有第4种质量很大的中微子，它被称为“惰性中微子”。

美国加利福尼亚大学欧文分校的理论物理学家凯沃克·阿巴扎基安（Kevork Abazajian）说：“关于中微子质量的起源，几乎所有合理的理论都要求惰性中微子存在。这些惰性中微子很容易就能成为暗物质的组

成部分。”

轴子则是另一种有望解释暗物质构成的粒子。1977年，物理学家提出了这种假想的弱相互作用粒子，以便解决量子相互作用中尚未解决的非对称性问题。如果要用轴子来解释暗物质，那么其可能的质量范围更窄，质量也比WIMP轻很多。美国斯坦福大学的物理学家彼得·格雷厄姆（Peter Graham）说：“如果我们探测不到WIMP，那么理论物理学家就会转而研究轴子。”

除了WIMP模型与暗区域模型，以及惰性中微子理论与轴子理论，还有更多更奇特的理论有可能解释暗物质的起源，不过这些理论仍处于物理学研究的边缘地带，这其中包括原初黑洞理论、额外维度理论等。当然还有一种可能，就是爱因斯坦的引力理论有瑕疵。

研究暗物质的物理学家并不担心暗物质会最终被认定为一个错误的概念。不论他们倾向于哪一种理论模型，天文观测的结果都已经表明，暗物质的存在不容置疑。他们所担心的是，暗物质的性质或许与物理学中其他的未解之谜无关，也就无法为我们认识自然界的本质提供更多的帮助。

美国麻省理工学院的物理学家杰西·塞勒（Jesse Thaler）说：“我们不仅仅期望发现暗物质，更期望它能够帮助我们解决粒子物理标准模型中的其他重大问题。新的发现也许不能揭示真相……因为我们往往要过一段时间才能找到理论把整个图景联系起来。有时，新发现的粒子会让我们心生疑问：‘是谁设计了这一切？’在我们生活的宇宙中，也许每次新发现都能带来更深入、更基础的认识，也许并非所有的事情都有据可依——在暗物质的问题上，这些都有可能。”

话题八　星系谱写的宇宙传奇



神奇的宇宙不但孕育了我们所在的银河系，还创造了其他形态各异的星系。它们有的青春焕发，有的年事已高；有的绚丽美妙，有的暗淡稀疏；有的看起来像蝌蚪，有的形似大海中的水母。通过揭开有关这些星系的种种谜团，我们不但可以了解银河系是怎么诞生的，还有可能窥见宇宙的过去与未来。

最古老的旋涡星系

撰文｜约翰·马特森（John Matson）
翻译｜王栋

在纷杂的早期宇宙中，天文学家发现了一颗美丽的“钻石”——迄今所知最古老的明亮旋涡星系。它的出现也许能解开困扰天文学家很久的问题：在宇宙的早期，为什么旋涡结构如此稀少。

早期的宇宙热闹而纷杂。与今天相比，那时星系之间的碰撞融合更加频繁，而且星系内部也混乱地充斥着由恒星构成的团块，几乎无法形成精巧有序，如银河系或仙女星系一样的旋涡星系。

然而，通过扫描数百个在宇宙大爆炸后几十亿年内出现的星系，一个由天文学家组成的研究团队在这一片纷杂中发现了一颗美丽的“钻石”——一个罕见的、带有明显旋臂结构的早期星系。这一发现发表在2012年7月19日的《自然》杂志上。这个星系的独特情况或许能够说明旋涡结构在那个时期如此稀有的原因。

这个星系被命名为BX 442，存在于宇宙大爆炸后30亿年。通过研究哈勃空间望远镜拍摄的照片，科学家们辨别出它是一个旋涡星系。它看起来符合“宏象旋涡”星系的特征。在这类星系中，明显的旋臂结构成为了由恒星构成的星盘最显著的外貌特征。

在现在的宇宙中，旋涡结构比比皆是，但当天文学家们将目光穿越宇宙，投向越来越远（也就是越来越古老）的天体上时，旋涡结构就开始逐渐消失了。天文学家们看到的多是块状的、斑斑点点的星系飘荡在奇异的宇宙中，而没有期待中的古老旋涡星系。然而，由于某种原因，BX 442却具有今天通常的旋涡结构，原因或许是它不久前才擦碰上另一个小得多的星系。“我们能给出的最合理的解释是，它形成旋臂的原因是旁边那个小型伴随星系。”该项研究的主要作者、加拿大多伦多大学的天体物理学家戴维·劳（David R. Law）说。“如果这个伴随星系是触发因素的话，旋臂将很可能在大约1亿年内逐渐消失。”劳解释。在宇宙的那个时期，旋涡结构只能短暂存在的特性可以说明旋涡结构如此稀少的原因。



BX 442也有可能是自己演化出了旋涡结构，而不是依靠“邻居”帮忙。星系内由恒星和气体构成的团块能够导致旋臂的形成；而BX 442的其中一条旋臂旁似乎具有至少一个巨大团块。

当下一代观测设备（例如美国国家航空航天局的韦布空间望远镜）投入使用之后，我们将获得更多宇宙不同阶段的星系样本，这些星系样本可以用于进一步研究。

麦哲伦云的不老之谜

撰文 | 肯·克罗斯韦尔（Ken Croswell）
翻译 | 王栋

两个距银河系最近的卫星星系为什么能保持它们“青春的光芒”？来自哈勃空间望远镜的观测数据为我们提供了线索。

我们所处的星系——蕴含着数千亿颗恒星的银河系，不只是一个孤单飘浮在宇宙中的巨大星系，还是一个庞大的、绵亘100多万光年的巨大“星系帝国”的枢纽，控制着20多个较小的星系。这些较小星系环绕着银河系运转，就像众多卫星绕着一颗巨行星运转一样。

在银河系众多的卫星星系中，没有哪个能跟麦哲伦云相比。麦哲伦云是两个明亮的美丽星系，比银河系的其他所有“小跟班”都要亮得多。在南半球的夜空中，这两个兄弟星系如数片散发着光辉的迷雾。在天文学家眼中，它们的存在一直都是个谜。银河系的引力将其他所有卫星星系中能用来形成恒星的气体都掠夺了过来，那为什么只有大小麦哲伦云能够留住形成恒星所需的气体和尘埃，从而充满着明亮的年轻恒星，保持如此的光亮和美丽呢？

越来越多的证据显示，大小麦哲伦云的确十分“健康”。一直以来天文观测都表明，它们成功地避免了银河系对其内部气体的掠夺。2006年，后来任职于美国耶鲁大学的天文学家尼蒂娅·卡利瓦亚利尔（Nitya Kallivayalil）及其同事报告，根据哈勃空间望远镜的观测结果，大小麦哲伦云的运行轨道要比人们先前认为的大得多。在卡利瓦亚利尔的这一发现之前，天文学家认为大小麦哲伦云每10亿到20亿年绕银河系一周。现在看来，它们似乎需要至少40亿年甚至更久才能转完一周。2013年2月，卡利瓦亚利尔发表了哈勃空间望远镜的最新观测数据，并给出了大小麦哲伦云更精确的绕行路径，从而进一步支持了她最初的发现。现在看起来，大小麦哲伦云很可能还在绕行银河系的第一圈里，这就解释了它们为什么会散发着“年轻的光芒”。

然而，即便大小麦哲伦云的相互作用可以促进新的恒星产生，但仍有迹象表明，它们的壮丽光辉终有一天将会暗淡下去。美国哥伦比亚大

学的天文学家格提娜·贝斯拉（Gurtina Besla）解释，大麦哲伦云会通过潮汐力从小麦哲伦云中吸取恒星和气体，让后者越发暗淡。她说：“我认为小麦哲伦云会逐渐变成一个球状矮星团。”球状矮星团是一种昏暗的、气体贫乏的天体，就像银河系的其他卫星星系一样。而幸运的是，这将是很久以后的事了。在这趟首次临近银河系的旅途中，大小麦哲伦云都还具有充足的气体来孕育明亮的新生恒星。在未来的数个世代里，它们还将继续点亮南半球的夜空。



照亮宇宙：大麦哲伦云中孕育着新的恒星。

低龄星系像蝌蚪

撰文 | 肯·克罗斯韦尔（Ken Croswell）
翻译 | 钱磊

奇异的蝌蚪星系展现出了银河系年轻时的样子。通过这个星系，天文学家也许可以了解银河系的恒星盘是如何形成的。

与大多数其他星系相比，仙女星系和银河系这样的巨型旋涡星系，往往质量更大，也更加明亮。这是因为它们会吞噬较小的星系，并从周围空间攫取气体。天文学家发现，一种奇异的蝌蚪状星系，可以揭示出银河系的明亮部分——恒星盘是如何形成的。

“蝌蚪星系”在20世纪90年代被首次发现。它们有一个明亮的大“脑袋”，那里面有大量闪亮的恒星；它们还拖着一条暗弱的长“尾巴”。大部分蝌蚪星系距离我们有数十亿光年，这意味着它们非常年轻。但对天文学家来说，想要研究这么遥远的星系，难度很大。



因此，西班牙加那利群岛天体物理学研究所的豪尔赫·桑切斯·阿尔梅达（Jorge Sánchez Almeida）和同事，把目光投向了7个罕见的蝌蚪星系。它们离我们比较近，与地球的距离都小于6亿光年。天文学家发现大多数蝌蚪星系像旋涡星系一样都在旋转。

天文学家还发现一个奇特的现象。在银河系中，氧元素充满了大部分中心区域。这里十分明亮，有很多恒星。在这些区域中，大质量恒星制造氧元素并在爆炸时将其释放。但是蝌蚪星系则相反：它们明亮头部中的氧元素，比暗弱尾部中的更少。“这非常奇怪。”桑切斯·阿尔梅达说。

天文学家借助古老的星际气体，解释了这一令人惊奇的发现，相关研究结果发表在2013年4月10日的《天体物理学杂志》上。宇宙大爆炸以来，星际气体几乎没有发生过变化。它们处于一种原始的状态，所含的元素比氧元素轻得多。按照天文学家的解释，大量这种含氧元素很少的气体进入一个初生星系盘后，形成了明亮的新恒星。这些恒星照亮了蝌蚪星系的头部，但是它们几乎不含氧元素。

如果这个想法是对的，这种奇异的星系就是名副其实的“蝌蚪”了——它们和蝌蚪一样，都是正在长大的新个体。

“银河系可能也经历过这个过程。”研究团队成员、国际商业机器公司研究院（IBM研究院）的布鲁斯·埃尔梅格林（Bruce Elmegreen）说。他认为蝌蚪星系向我们展示了这样的图景：数十亿年前，巨大的旋涡星系从蝌蚪星系周围聚集气体，形成旋转的恒星盘，并最终成长为银河系这样的超级星系。

星际气体哺育星系

撰文 | 罗恩·考恩（Ron Cowen）
翻译 | 王栋

天文学家无意中发现了星系迅速长大的线索。

早期宇宙中的年轻星系是如何壮大，变成我们今天看到的庞然大物的呢？10多年前，天文学家就提出过一种解释：在早期宇宙里，星系中的新生恒星通过吸收冰冷的星际气体来获得能量并不断壮大。以色列的天体物理学家阿维沙伊·德克尔（Avishai Dekel）发现，星际气体流就像“养分”输送管道，穿过新生星系的炽热气晕，为年轻星系提供成长所需的“养分”。但这种由冰冷气体构成的暗淡“细流”很难被观测到。



不过一个偶然的机会，宇宙中一条星系气体输送线露出了真容。德国的尼尔·克赖顿（Neil Crighton）和同事仔细研究了一个遥远、明亮的类星体。在宇宙仅约30亿岁时，该类星体发出的光在传向地球的途中照到了一个挡路的星系，其中一些特定波长的光被挡路星系吸收，留下了“养分”气体的光谱记号。

克赖顿在《天体物理学杂志通讯》上发表了这项研究结果。他介绍，环绕在那个年轻星系周围的气体具有猜想中的冷吸积流的所有特

征，比如低温、高密度，而且除了宇宙大爆炸时形成的氢和氦外，气体中其他元素都很少。

不过德克尔认为，单单获得一次观测结果，还不能算是成功。他说："要令人信服，我们必须观测到更多这类证据。"

幽灵般的后发星系团

撰文｜肯·克罗斯韦尔（Ken Croswell）
翻译｜李宁曦

蜻蜓长焦镜阵列拍摄到的后发星系团，看起来就像弥散在太空里的幽灵。这个幽灵般的星系团中包含的暗物质更为它增添了传奇色彩。

英文中的“星系”一词源于希腊语的“牛奶”。如果说我们通常所指的星系是“全脂牛奶”的话，那么还有一些星系，它们是完完全全的“脱脂牛奶”。

人们通过一个小型望远镜阵列无意中发现了47个超稀疏的星系。这些星系内恒星之间的距离如此之远，看起来就像弥散在太空里的幽灵。其中的几个星系所占据的空间与银河系相当，但包含的恒星数量却只有银河系的1/1,000，因此它们看起来相当暗淡。没人知道这些暗淡的星系是如何产生的。

天文学家通过位于美国新墨西哥州的蜻蜓长焦镜阵列对这些星系进行观测后，才对它们有了更深入的了解。加拿大多伦多大学的天文学家罗伯托·亚伯拉罕（Roberto Abraham）说：“我们总会情不自禁地去观测后发星系团。”后发星系团距离地球3.4亿光年，包含了数以千计的星系。上世纪30年代，天文学家首次在此探测到了暗物质，为这个遥远的星系团增添了传奇色彩。

蜻蜓长焦镜阵列记录到的影像果然不负众望。亚伯拉罕的研究团队从影像上辨认出了一些标志着大型稀疏星系的模糊斑块。幸运的是，哈勃空间望远镜在另一项与此无关的研究中，也观测到了这块区域，因此我们了解到了更多细节。这些星系看起来和银河系大不相同：它们有光滑的边界，看上去近似球形，却缺少形成恒星所需要的气体；它们很像矮椭球星系，但又比矮椭球星系大得多。上述发现发表在2015年1月的《天体物理学杂志通讯》上。

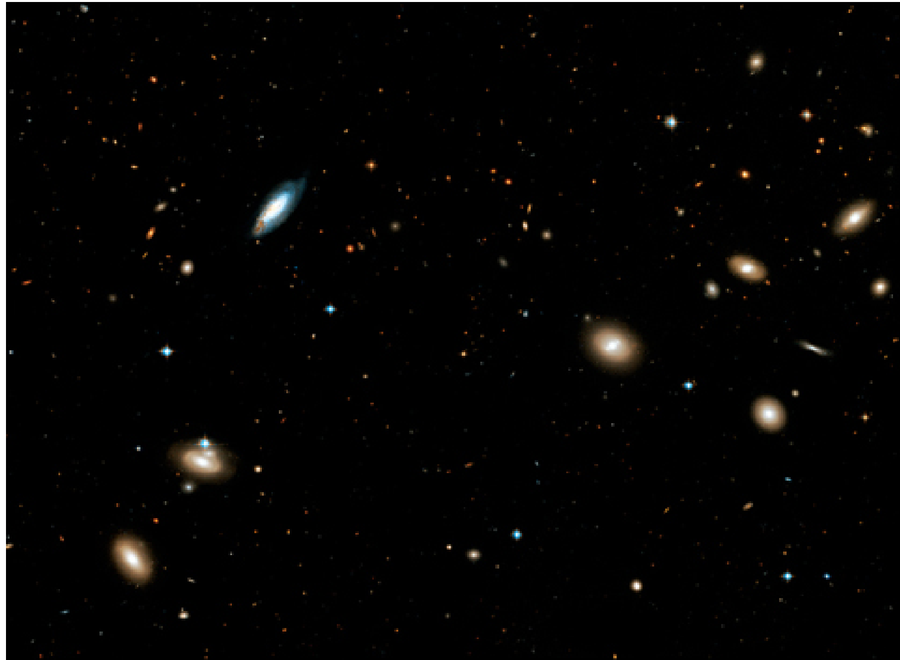
这些奇特而又难以探测的星系是如何形成的呢？该研究团队的成员、美国耶鲁大学的天文学家彼得·范多克姆（Pieter van Dokkum）认为，这些星系曾经也有机会变得如银河系般璀璨，但或许是由于超新星

爆发，星系的气体在制造出大量恒星之前，就被驱散到了后发星系团中。而这些星系能保持如此稀疏的形态，没有被星系团内其他星系的引力撕裂，很可能是因为它们包含了大量的暗物质。

我们还无法测量出这些星系的质量，因此也就无法确切地知道它们包含了多少暗物质。但是美国亚利桑那大学的天文学家克里斯·英庇（Chris Impey）告诉我们，这些行星是天然的暗物质实验室。如果暗物质能发出宇宙射线，那我们就会在这些星系中观测到。



后发星系团（下图）中的某些星系如此稀疏，和草帽星系（上图）相比，它们实在暗淡得很。



水母星系源于星系团碰撞？

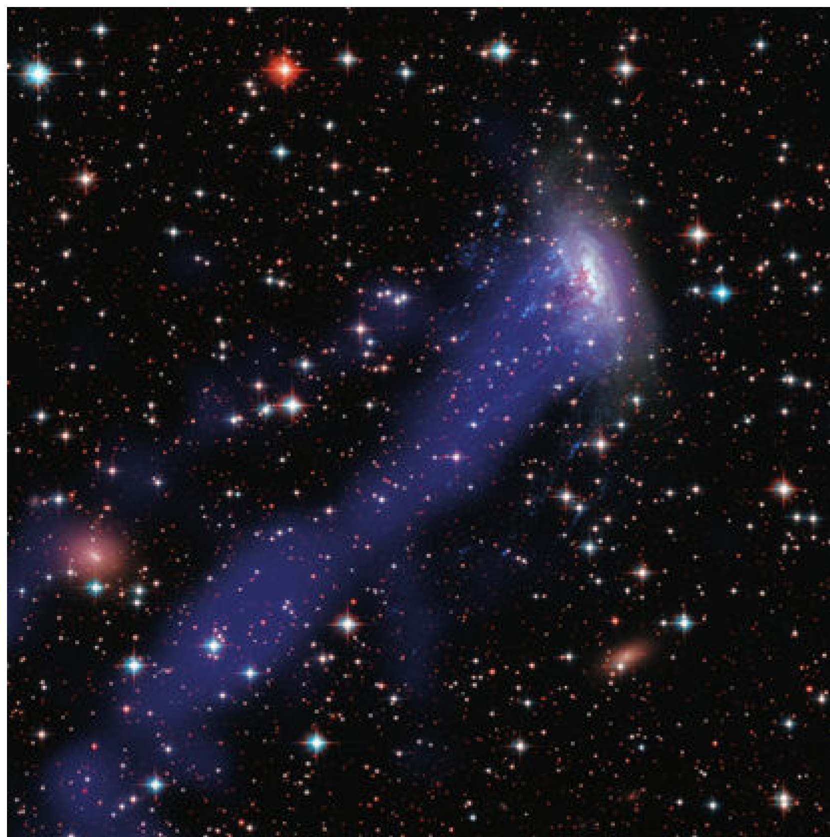
撰文 | 肯·克罗斯韦尔（Ken Croswell）
翻译 | 沈添怿

在浩瀚的宇宙中，游荡着一些形似水母的星系。这些罕见而美妙的水母星系是怎么诞生的？研究人员正在寻找答案。

与大海里有水母一样，广阔的太空中也有类似水母的星系游荡着。近些年来，天文学家注意到了一些旋涡星系，它们拖着由气体和年轻恒星构成的蓝色“卷须”，看起来就像水母一样。研究人员搜寻了更多相似的奇特星系，或将揭示它们的起源之谜。

为了定位这些水母状天体，美国夏威夷大学马诺分校的天文学家康纳·麦克帕特兰（Conor McPartland）、哈拉尔德·埃贝林（Harald Ebeling）和同事对63个星系团进行了搜索，那里炽热的气体中藏着无数巨大的星系。研究团队先前认为，如果旋涡星系不幸掉入星系团，星系团炽热的气体会剥去旋涡星系中的气体，形成孕育恒星的条带状区域。一些最明亮的年轻恒星会闪烁蓝光，这就是“水母触手”颜色的来源。通过搜索，研究团队一共找到了9个先前未被发现的水母星系。

但是，有些事情却出乎意料。埃贝林说：“这些水母星系没有朝星系团的中心运动，这一点非常有趣。”由于星系团引力的拉扯，这些水母星系本该朝着星系团的中心运动，而我们可以通过“水母触手”来判断其运动方向。但是这些水母星系却在向着不同方向运动。同样，水母星系的位置也很奇怪——它们都在星系团的外围。这些观察结果暗示，水母星系的诞生可能需要两个星系团的碰撞。在此过程中，一个星系团中高速运动的星系撞击并穿过了另一个星系团中的炽热气体。在此之后的混沌中，星系将朝着各个方向运动，而新的数据也体现了这一点。该研究成果刊登在2016年1月的《皇家天文学会月刊》上。

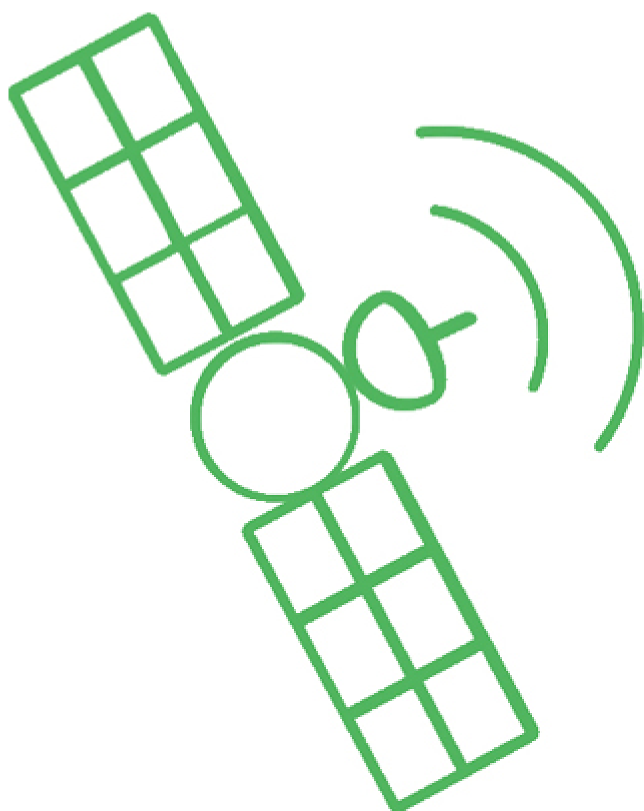


距我们2.2亿光年处，一个水母星系正在朝一点钟方向移动。

研究人员正计划检测水母星系所在的星系团气体，来验证他们的想法。星系团气体温度很高，会发射出X射线。而在星系团碰撞假说中，孕育水母星系的星系团与其他星系碰撞时，碰撞出的气体的温度应该是极高的。因此，如果对X射线的观察能够证实这一点，那么水母星系便是一场灾难的余波。

在剧烈的撞击之后，水母星系诞生了，它们终将失去全部气体，蜕变为椭圆星系——气体贫乏，没有绚丽旋臂来孕育恒星的平淡无奇的天体。

话题九　探索宇宙深处的秘密



神奇的宇宙以其无穷的魅力吸引着人们去探索。人们发送了各种探测器来捕捉来自宇宙的信号。从低频无线电波到引力波，从宇宙微波背景辐射到重子声波振荡，这些常常被人们忽略的信号中或许就隐藏着宇宙那些不为人知的秘密，等待人们去发现。

搜寻外星人信号

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | 王栋

通过探听宇宙深处的极微弱信号，科学家不但可以获得关于星系诞生的古老信息，还有可能发现地外文明。为了能够完成这项任务，几万部无线电天线被连接在一起，组成了功能强大的射电望远镜。

通过国际互联网，把44,000多部无线电天线连接起来，就组成了人类有史以来建造过的最壮观的射电望远镜之一。它的任务是扫描大部分尚未被监测的无线电频段，搜寻宇宙中诞生的第一批恒星和星系。并且，它还能寻找地外文明发出的无线电信号。

这个望远镜阵列用于监测低频无线电波——在宇宙最初的“黑暗时期”里，统治宇宙的低温氢气云辐射出的极微弱信号，就是这种电磁辐射的一个主要来源。一颗颗恒星由氢气云旋转汇聚形成，它们第一次照亮原本黑暗的宇宙，因而应该会在这片氢气云中留下片片“斑痕”。通过分析来自这种气体云的无线电信号随时间如何变化，科学家就能在很大程度上弄清楚，第一批星系是如何形成的。

这部低频阵列（LOFAR）由位于荷兰、德国、法国、瑞典和英国的48座观测站的天线组成，它们全部由光纤连接。国际LOFAR望远镜委员会主席海诺·法尔克（Heino Falcke）说，来自这些观测站的信号会汇总到一台超级计算机中，让这个望远镜阵列成为有史以来最复杂、最多能的射电望远镜。

LOFAR能在45天内，扫描整个北方天空，最大分辨率相当于一台直径620英里（约998千米）的望远镜。荷兰射电天文研究所的米海尔·怀斯（Michael Wise）说，LOFAR还具有可扩展性。也就是说，研究人员可以随时加入更多的观测站。

除此之外，LOFAR的反应速度也很快——它能测量到十亿分之五秒内发生的事件。由于LOFAR实际上是由许多射电望远镜组成的“网络”，这意味着它能同时承担数个不同的科研项目。

接下来的几年里，作为“地外文明探索”的一部分，该阵列还将扫描

以前被忽略的低频区中的人造无线电辐射信号。



LOFAR在荷兰的观测站

绘制宇宙“地图”

撰文｜约翰·马特森（John Matson）
翻译｜王栋

想在太空遨游，一张宇宙“地图”必不可少。借助天文测绘得到的天体“地图”，我们不仅可以了解自己在宇宙中的确切位置，还可以获得数十亿个恒星和星系的详细位置。而随着更多新一代望远镜投入使用，天体“地图”的精度还将大幅度提高。

就像测绘员通过测量角度、距离和海拔来对一块土地进行绘图一样，天文学家长期以来也在为宇宙中的天体绘制能标明其位置的“地图”。

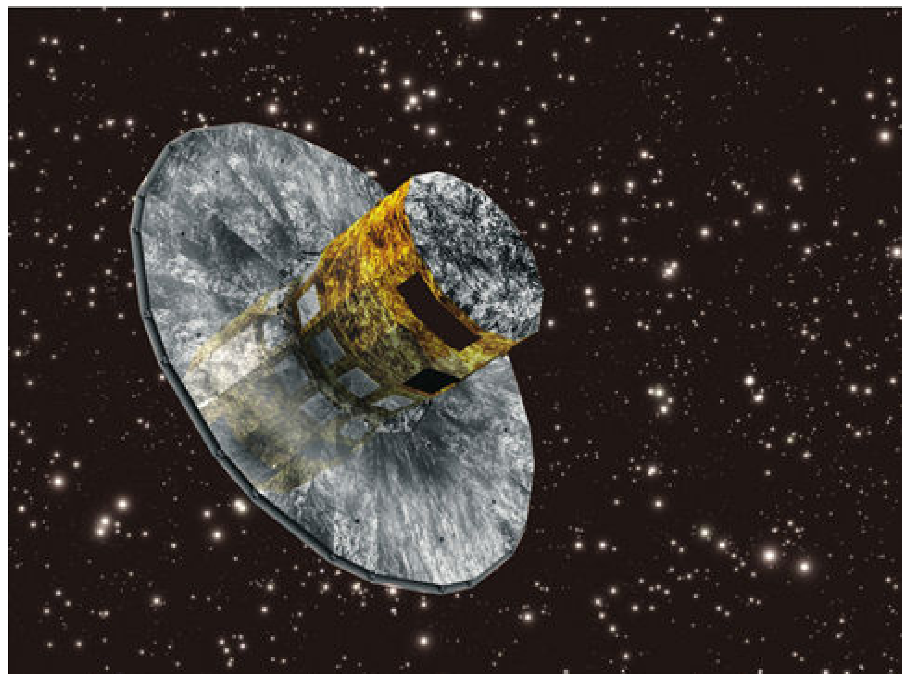
这些“地图”很快将迎来一次精度更高的改版。随着使用地面望远镜或探测飞船进行的太空观测活动越来越多，我们将获取许多新的细节。将所有这些研究项目汇总，我们将得到数十亿个恒星和星系的详细位置信息。

下一代空间望远镜“欧几里得”将通过为期6年的太空扫描，为多达20亿个星系绘制三维“地图”。这项任务由欧洲空间局批准，望远镜原计划于2020年发射升空。“欧几里得”将扫描大约三分之一的太空，以测量其中星系的位置和距离。人们希望，通过了解宇宙结构分布能够找到关于暗能量性质的某些线索。暗能量是驱动宇宙加速膨胀的关键，但至今人们还未能观测到。

于2013年发射的欧洲空间局“盖亚号”探测器，可以实现对局部天体图的显著改进。在抵达远超月球轨道的深空后，“盖亚号”探测器将为约10亿颗恒星绘制标明位置和距离的天体图。“‘盖亚号’的主要科学目标是解决我们银河系的结构和动力学问题。”欧洲空间局“盖亚号”项目的项目科学家蒂莫·普鲁斯蒂（Timo Prusti）解释。

同时在地面上，许多新的测量项目也在南半球纷纷上马。那里的天体图“绘图员”期待，他们得到的结果将能提供重要信息。作为参照，位于北半球的、所有天文测绘项目的“老前辈”——美国的斯隆数字化巡天项目已经详细绘制了超过100万个星系的三维“地图”，除此以外它还取

得了许多其他成就。



“盖亚号”探测器将为约10亿颗恒星绘制三维天体位置图。

最有可能改写南半球天体测绘纪录的望远镜是位于智利的大口径全天巡视望远镜（LSST）。预计它于2022年投入使用后，将拥有一面8.4米口径的主镜（与之相比，斯隆数字化巡天使用的是2.5米望远镜），以及一部32亿像素的照相机。这部巨型望远镜将通过对太空每周一次的拍照来捕捉持续时间很短的现象，例如超新星爆发和有潜在威胁的近地小行星飞掠。在这一过程中，它还将为约40亿个星系标注三维坐标。

“盖亚号”：绘制银河系新图景

撰文 | 香农·霍尔（Shannon Hall）
翻译 | 张哲

新的探索任务已经启动。通过绘制高精度的银河系“地图”，天文学家可以更好地理解恒星物理学和银河系的历史。

天文学家将展开一幅新的宇宙图景。2013年底，欧洲空间局发射了“盖亚号”探测器。它将在为期5年的任务中，以前所未有的精度绘制宇宙星图，而它获得的第一批恒星坐标已经发布了。任务完成后，这幅星图将能以极高的分辨率，准确定位银河系及周边星系中约10亿颗恒星的位置，甚至能够辨认出5微角秒的物体，这相当于在地球上能看见月球表面的一枚硬币。“盖亚号”装备的10亿像素摄像机，还能够记录每颗行星的距离和二维速度，让我们有机会重新认识周边星系。

美国哥伦比亚大学的天文学家凯瑟琳·约翰斯顿（Kathryn V. Johnston）认为，绘制这幅星图的意义相当于首次描绘出了地球大陆的景象——把只有模糊的蓝、绿色块的图像，变成了一幅绘有山川溪谷的画面。“奇怪的是，人类对银河系并不比对其他星系了解得更详细，”约翰斯顿说，“这可能是因为我们身处银河系之中，无法给自己的星系拍一个全景。不过‘盖亚号’将完成这项任务。”

负责“盖亚号”项目的科学家蒂莫·普鲁斯蒂称，新星图备受关注，在2016年9月首批数据发布的当天，就至少有1万人访问了数据库。这批发布的数据中包含10亿颗恒星的初步位置，以及星空中最明亮的200万颗恒星的距离和侧向运动信息（后续数据发布后数字还会增加）。之后还会发布银河系中离我们更远的恒星的距离和运动数据，从而形成连续星图——以太阳为中心向外延展，就像池塘中的波纹一样从中心向外扩散出去。

目前已经有了很多发现。比如，“盖亚号”项目的科学家已经使用这些初步结果，解决了有关昴星团（著名的“七姐妹星团”）距离的争论。这个争论源于“盖亚号”的“前任”——“依巴谷”卫星任务发布的最后一批数据。这些数据非常重要，因为如果没有距离，天文学家就无法确定任

何恒星的亮度或半径。不过，对昴星团测量的准确性同样重要（“依巴谷”的测定值是错误的），因为昴星团是理解恒星起源的基准星团。普鲁斯蒂称：“建立关于年轻恒星的理论非常困难，因为它们并不稳定，有多种可能的变化。因此需要保证观测的准确性，以建立更精确的模型。”

其他研究团队也在使用这些新的数据，研究一些不同寻常的恒星（比如看起来特别亮或特别暗的恒星，以及移动速度特别快或特别慢的恒星）。美国普林斯顿大学的天文学家戴维·斯珀格尔说：“天文学家认为自己已经很了解恒星运动。但我怀疑，随着更精确数据的发布，我们也许会发现一些在大方向上没问题，但在细节方面会颠覆我们认知的内容。”行星科学家对“盖亚号”发布的数据也非常感兴趣，因为他们需要寻找有行星的恒星。尽管“盖亚号”还没有发现任何这样的恒星，但科学家希望，它最终可以发现数千甚至数万颗这样的恒星。

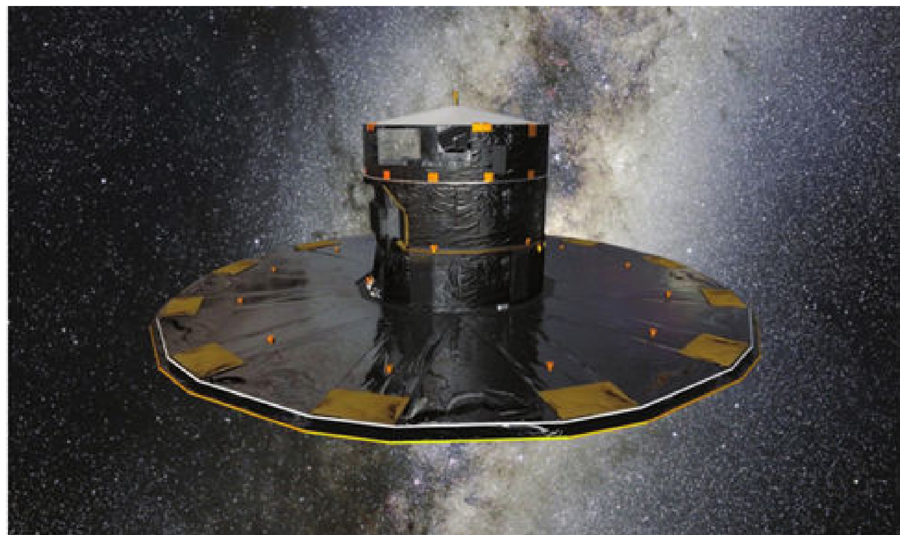
尽管在2016年9月已经收获了一大批数据，天文学家仍在热切盼望着“盖亚号”的后续的观测数据（还会发布4批数据）。美国纽约大学的天文学家戴维·霍格（David W. Hogg）称，尽管用第一批数据就已经有很多内容供研究人员研究了，但当该任务结束时，需要研究的将远不止于此。所有的数据将于2022年发布，届时研究人员将能实现此次任务的主要科学目标：揭示银河系的结构和演变，从而理解银河系狂暴的历史。比如，银河系中有些恒星原本诞生在其附近的小星系内，但后来庞大的银河系吞并了它们所在的小星系。如今，那些小星系的残骸还能以贯穿星空的微弱恒星流的形式被看到，为我们提供周边星系演化的时间线索。约翰斯顿说：“你能够发现曾经存在的星系，它们曾经的轨道，以及与它们有关系的恒星。因此，你能还原银河系吞并其他星系的历史。”



恒星是宇宙的地标。

——约翰·赫舍尔（John Herschel）

我们现在还无法确定“盖亚号”将书写怎样的传奇。除了完成主要科学目标，它还会观测银河系中数千个非恒星物体，或许还能绘制出银河系中的暗物质分布，确定数十万个类星体（古代星系仍在燃烧的内核）的位置。普鲁斯蒂说，从长远看，由于提供了准确的观测位置，“盖亚号”还能改善其他望远镜的观测结果。同时，霍格还在美国纽约和德国海德堡组织了名为“盖亚冲刺”的活动，让天文学家们有机会共聚一堂，共同探索如何更好地利用这些数据。霍格说：“‘盖亚号’打开了发现的大门，我认为这是它的意义所在，同时这也是每个人都很兴奋的真正原因。它将带给我们一个新的世界，而首批数据的发布只是这个新世界的精彩预告片。”



“盖亚号”的分辨率比哈勃空间望远镜高数十倍。

Virgo引力波探测器重新上线

撰文｜凯瑟琳·赖特（Katherine Wright）
翻译｜李想

Virgo引力波探测器于**2017**年重新上线，与**LIGO**一起帮助科学家搜寻引力波源，锁定波源区域。

2016年初，人类第一次探测到了拂过地球的引力波。激光干涉引力波天文台（LIGO）的两台具有极高灵敏度的探测器（分别位于美国华盛顿州和路易斯安那州）探测到了两个黑洞合并所引起的时空扭曲。5个月后，科学家宣布了这一消息。世界为之轰动，这一发现成为了2016年最重要的一则物理学新闻。自1916年爱因斯坦首次预言引力波以来，物理学家已经努力了近百年的时间，希望能找到引力波存在的直接证据。

与突破相伴而来的是不少亟待解答的疑问。首要问题是这些引力波从何而来。如果一切进展顺利，科学家很快就能追踪到引力波源，开始进一步探测。

2017年春天，物理学家们一直忙着让第三台引力波探测器Virgo（位于意大利比萨附近）重新上线运行。2015年9月，也就是LIGO收到两个引力波信号的时候，Virgo正处于线下升级中。科学家希望三台大型探测设备能有效地提高寻找引力波源的工作效率。如果“一击三中”（即三个探测器都探测到了同一个引力波），那么陆基望远镜就能瞄准探测器锁定的三角区域，也就有可能找到激发引力波的碰撞地点。

引力波探测器的外形就像一个大写字母“L”，张开的双臂长达数千米。探测器能探测到引力波引发的比质子直径还小的臂长变化。但如果只有一台超灵敏探测器，科学家就无法区分引力波导致的时空扭曲所引起的臂长变化和环境中其他振动引起的臂长变化。此外，每台探测器还要负责一片不小的星空范围，视野需要覆盖地球周围40%的星空——大致相当于你站在一片沙漠里抬起头原地转圈所看到的星空范围——然后试图从这片星空中找到一颗暗弱的恒星。这就好比一个人身处广袤的沙漠，一边打转一边还要找到一颗晦暗不明的星星。



Virgo相互垂直的双臂（图中仅显示了其中一支），每臂长逾3千米。Virgo在真空环境下运行，以保证其中的光学系统不受干扰。这套系统对引力波造成的时空扭曲极为敏感。

LIGO需要两台探测器一起工作还有另一个原因。引力波以光速传播，但除非引力波同时正对着两个探测器，否则两个探测器检测到的扭曲信号总会有毫秒级的时差。科学家就可以利用这个时间延迟计算出碰撞所在的方向，这样便可以缩小寻找引力波源的范围。根据2015年的观测数据，该范围已经缩减到星空的2%，但对于目标搜寻而言这个范围还是太大了。

升级后的Virgo将加入探测工作。升级之前，以Virgo的灵敏度，它连能量最高的引力波也无法探测到。而现在，能提高灵敏度的新反射镜、真空泵还有激光器（皆用于探测设备臂长的微小变化）都一一安装，电路设备也一再检修。新的硬件设施安装完毕，可能干扰引力波信号的普通振动也将被滤除。科学家夜以继日地工作，让Virgo在2017年尽早投入使用，此后LIGO的探测器就能停机检修了。

罗马大学物理学家、Virgo发言人富尔维奥·里奇（Fulvio Ricci）说，完成升级的Virgo运行后，引力波源在星空中的范围应该能再缩小5倍。埃多·伯杰（Edo Berger）是美国哈佛大学的一位天体物理学家，他用望远镜研究了LIGO和Virgo发现的引力波，并进行了修正分析。伯杰认为："第三个探测器加入探测网络后，引力波源的位置应该会更清楚，波源的寻找将从一项不可能完成的任务变成一项艰巨的任务。"



意大利比萨附近的Virgo引力波探测器于2017年重新上线。由此，3个坐落在世界不同角落的探测器实现了联合探测。

不过事情并不是毫无希望。黑洞碰撞并不是唯一一种能扭曲时空的天文事件。与黑洞碰撞不同，一些天文事件会辐射可见光或者其他能被望远镜观测到的电磁波。比如超新星爆发的余波，或者从正在合并的黑洞视界边缘发出的高能射线，又或者两颗中子星相撞时及中子星被黑洞俘获时发出的可观测信号。目前引力波探测器还没有探测到这类事件导致的时空涟漪，但只要一发现，伯杰和其他天体物理学家便会将他们早已准备好的望远镜，转向那片由3个而非2个探测器锁定的星空。更小的搜索范围意味着更小的天文望远镜也能加入寻找任务，记录下这些事件可能发出的令人眼花缭乱的电磁波。

如果让3个探测器共同运行1个月的时间，那么即便没有罕见的天文事件发生，这段时间也足以观测到来自黑洞合并发出的引力波了。

合作观测可能会让LIGO和Virgo的运营团队考虑延长设备的运转时间，LIGO团队的成员、宾夕法尼亚州立大学物理学家萨蒂亚普拉卡什（B. S. Sathyaprakash）说："如果结果令人兴奋，计划就可能会改变。"这将是天体物理学翻开新篇章的一个好兆头。

宇宙向南？

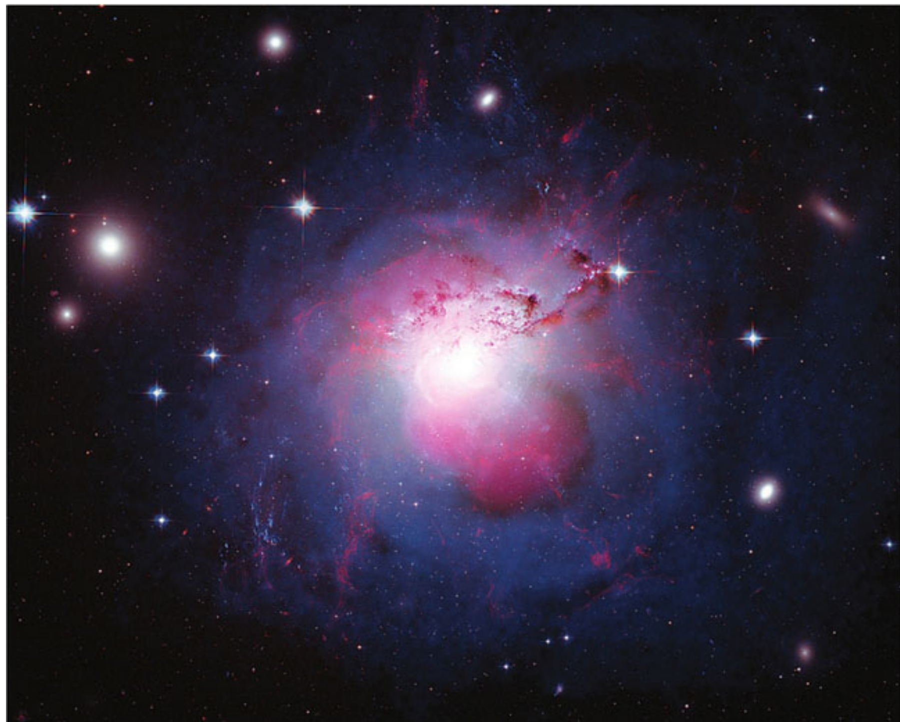
撰文｜迈克尔·莫耶（Michael Moyer）
翻译｜王栋

一直以来科学家都认为宇宙在各个方向上是一样的，然而目前的一些研究证据却有可能动摇这种传统观点——微波背景辐射的分布和超新星的移动似乎都在暗示宇宙是有方向的。而普朗克卫星传回的数据或许能帮助科学家找到答案。

宇宙既无中心也无边界，在遍布天穹的点点星光中，没有任何区域显得与众不同。无论从什么地方看，宇宙都是一样的（或者说，物理学家们是这样认为的）。但这个堪称宇宙学一大基石的理论已经开始动摇了，因为天文学家发现，宇宙空间具有一个特殊方向——尽管目前的证据还不足，但新证据在不断增加。

第一批证据，也是最完备的数据来自宇宙微波背景（CMB）——宇宙大爆炸后的“余温”。这种残留辐射在宇宙空间的分布是不均匀的，有些区域热，有些区域冷。但近些年来科学家发现，这些或冷或热的区域并不像我们想象的那样随机分布，而是以某种方式排列起来，指向宇宙中的一个特殊方向。宇宙学家给这个特殊方向赋予了一个足够吸引眼球的名字——“邪恶轴心”。

在对超新星的研究中，科学家发现了更多线索。超新星意味着恒星的末日到来，是一种能够在短时间内照亮整个星系的恒星爆发。宇宙学家一直在利用超新星来标示宇宙加速膨胀（相关成果获得了2011年诺贝尔物理学奖），而细致的统计研究显示，在稍微偏离“邪恶轴心”的一个方向上，超新星甚至移动得更快。与此类似，天文学家测量发现，星系团正在以每小时100万英里（约每小时160万千米）的速度穿过宇宙空间，朝着南方的一个区域鱼贯而行。



星系在某些方向上移动得更快一些。

这些意味着什么？可能什么都不是。“这些或许只是一个巧合。”美国密歇根大学安阿伯分校的宇宙学家德拉甘·哈特勒（Dragan Huterer）说。也许是测量上的一些小误差（尽管已经尽可能排除）在不经意间影响了数据。还有可能，哈特勒说，也许我们所看到的确实是“某种令人震惊的事”的初步迹象。宇宙最初的爆炸式膨胀所持续的时间可能比我们先前所认为的长了那么一点点，造成宇宙有些许倾斜，直到今天仍是那样。美国凯斯西保留地大学的宇宙学家格伦·斯塔克曼（Glenn D. Starkman）认为，还有一种可能是在大尺度上，宇宙或许像管子一样卷了起来，在一个方向上是卷曲的，而在其他方向上都是平直的。当然，也可能是使宇宙加速膨胀的暗能量在不同地方起着不同的作用。

宇宙加速膨胀

宇宙加速膨胀是指宇宙的膨胀速度越来越快的现象。1929年天文学家哈勃（E. P. Hubble）提出的哈勃定律就是宇宙膨胀理论的基础。1998年三位科学家通过观测遥远超新星获得的数据表明，宇宙正在加速膨胀。这三位科学家由于为宇宙的加速膨胀提

供了关键证据，而获得了2011年诺贝尔物理学奖。

当前，所有数据都只是初步结果，只能轻微地暗示，我们对宇宙的传统认识可能有偏差。科学家正在迫切期待着普朗克卫星传回的数据，该卫星目前待在绕地轨道上的一个安静地方，测量宇宙微波背景辐射。它要么会确认先前的有关“邪恶轴心”的测量结果，要么会证明这只是一个错误。在那之前，谁也不知道宇宙到底有没有方向。

宇宙不均衡？

撰文｜蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译｜郭凯声

科学家发现宇宙可能是不对称的，而且普朗克卫星传回的数据也证明了这一点。科学家期待获得更多的探测数据来解释宇宙的失衡。

10多年前，宇宙学家们开始猜测，宇宙的模样可能有点古怪，呈一种两边不对称的形状。

宇宙失衡的线索来源于大爆炸的余波，即宇宙微波背景（CMB）。在CMB中，分布着许多冷热不均的“斑块”，对应于物质密度的起伏。从2003年开始，美国国家航空航天局威尔金森微波各向异性探测器（WMAP）的数据显示，宇宙的一侧比另一侧要热。但是，此发现与宇宙学中的一个流行观点相冲突。该观点认为，宇宙是在早期的一次急速扩张期间（称为暴胀）以迅猛之势膨胀开来的，而此过程本应使CMB呈现一种基本均匀的分布形态。

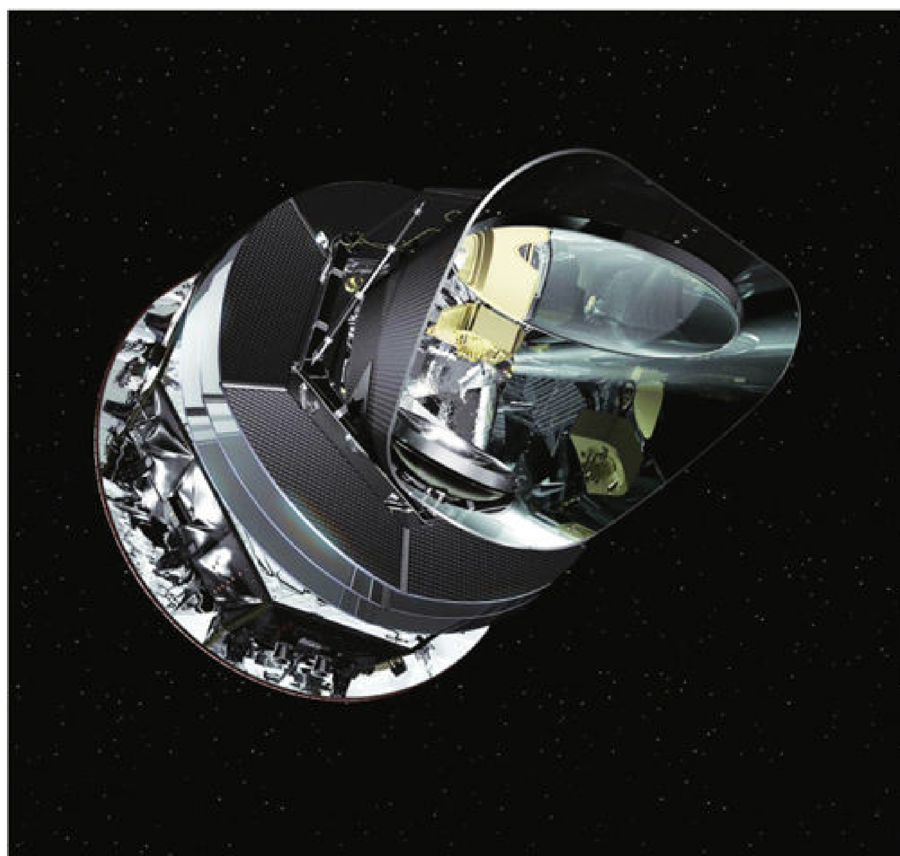
2013年，支持失衡说的论据骤然变得有力了。欧洲空间局的普朗克卫星（比WMAP更新、更灵敏）传回了证明宇宙不对称的证据，其可靠性与WMAP的数据相当。于是，现在我们面临的问题是，这个谜团的出现究竟是要我们对宇宙学来一番反思，还是此种失衡只是与某种可能性极小，但最终依然能够得到解释的现象有关。

美国国家航空航天局喷气推进实验室的宇宙学家克日什托夫·戈尔斯基（Krzysztof M. Gorski）说：“几年前，根据一些科学家对公开发布的WMAP数据进行的分析，人们就提出了宇宙失衡的说法。而现在，我们又从普朗克卫星获得了同样的数据，为这些说法提供了令人信服的证据。”

虽然CMB中出人意料的温度差异似乎已经变得可信，但这种差异依然难以解释。挪威奥斯陆大学的宇宙学家亚别巴尔·凡塔耶（Yabebal Fantaye）与戈尔斯基及其他一些研究人员合作，根据宇宙演化的标准模型，对CMB应该呈现何种模样进行了一万次模拟。这些研究人员在《天体物理学杂志通讯》上发表文章称，其中仅有7次模拟的结果与

WMAP数据显示的情景相似。换言之，标准的宇宙学模式可以容得下失衡的宇宙，但仅仅是勉强容得下。“它肯定是有可能发生的，但可能性并不很大。”凡塔耶说。

研究人员已经在探索这样一个前景：宇宙的不对称性或许揭示了某种新的可能性，也许是某种能量场使初生的宇宙发生了扭曲，也许是我们这个宇宙在与另外一个宇宙碰撞时受伤了。普朗克卫星的研究团队公布的有关CMB的偏振数据有助于解答这个问题。偏振是一种用来描述CMB光子振动方式的物理概念；有关偏振的数据或许有助于我们辨别，宇宙失衡是需要用上述这些宇宙学中的新构想来加以解释的现象，还是一种依然可被塞进流行理论框架内的意外现象。



普朗克卫星已经退役。它在2009到2013年间对CMB进行了探测。

缺失的宇宙纪元

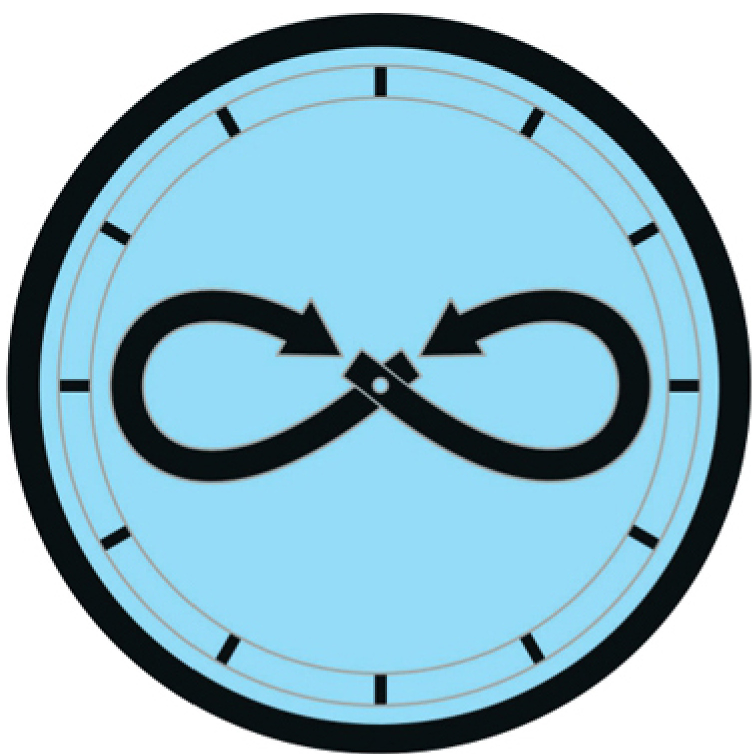
撰文｜戴维·卡斯泰尔维基（David Castelvecchi）
翻译｜王栋

新的理论计算能将爱因斯坦广义相对论的适用范围，推进到宇宙诞生的最初那一瞬。

宇宙大爆炸后的那一瞬，宇宙经历了被称为“暴胀”的爆炸性快速膨胀。根据标准宇宙学理论，这一阶段中能量微小波动的“涟漪”，就是我们今天看到的星系及其他大尺度结构的“种子”。然而，没有人能解释这种“涟漪”自身究竟是如何产生的。

2013年，三位物理学家宣布，产生这种波动的关键在于“量子引力”——一个仍处于假想中的理论，其中的引力也具有在亚原子物理学中典型的、模棱两可的“不确定性”。

基于爱因斯坦广义相对论的标准宇宙学理论，无法解释能量涟漪的产生，因为该理论在极小的尺度上就失效了。在宇宙刚刚开始膨胀前的几乎无限短的一瞬间（普朗克时间）内，整个已知宇宙局限在比一个原子还要小几个量级的区域里。如果一直回溯到那个时段，相对论就会给出不合理的结论，比如说能量密度无穷大。



为了将爱因斯坦理论的适用范围扩展到这种极端区域内，研究人员发展出了一个名为“圈量子引力”的理论。从上世纪80年代起，阿布海·阿什特卡（Abhay Ashtekar，后来任职于美国宾夕法尼亚州立大学）对爱因斯坦的方程式进行修正，以使它们同量子理论相容。这样做的结果之一是，空间本身不再如同一块平滑的幕布一般，而是由离散的、被称为“圈”的单元构成；并且，这些“圈”的微观结构还能在同时共存的多种“态”之间振荡。近年来，物理学家还发现，如果圈量子引力理论正确的话（仅仅是如果，因为到目前为止还没有丝毫的实验证据支持它），那么大爆炸其实是我们以前另一个坍缩宇宙的“大反弹”。

现在，阿什特卡的研究组表示，将圈量子引力理论进一步扩展，它就能填补处于大反弹（普朗克时间内）和目前宇宙膨胀之间那段缺失的空当。此外，它还能解释那些极其重要的，决定我们人类最终得以出现的涟漪的产生。经过计算，研究人员发现，这些涟漪是大反弹时期量子波动的自然产物。

不过，该研究组的预测同那些“气球膨胀模型”有些许不同。这种不同所导致的宇宙演化结果的差异，可由将来对宇宙结构的探测来检验，

阿什特卡解释。

在《物理评论快报》上发表的这一结果，提供了一种“能将宇宙膨胀过程回溯到普朗克尺度之内的自洽理论”，阿什特卡总结。

量子引力或许是今天大尺度宇宙结构形成的原因，这一结论“非常漂亮而且令人惊叹”，美国路易斯安那州立大学量子引力理论专家豪尔赫·普林（Jorge Pullin，未参与该项研究）评价。

加拿大安大略的佩里米特理论物理研究所的主任尼尔·图罗克（Neil Turok）说，阿什特卡的研究组仍需要进行“人为的假设”才能将宇宙膨胀的起始推回到更早的时间。

“圈量子引力理论具有许多有趣的想法，”图罗克评价，“但如果当成得出进一步预测的根据，它还不够成熟。”

倾听宇宙大爆炸的回声

撰文｜克拉拉·莫斯科维茨（Clara Moskowitz）
翻译｜王栋

原初引力波遗留的痕迹，向我们透露了初期宇宙暴胀是何时发生的，以及是如何发生的。

宇宙暴胀理论又胜了一局！这个认为宇宙在大爆炸后，经历过一段急剧膨胀过程的理论，有了强有力的证据支持。2014年3月，物理学家证实了宇宙暴胀理论的一个重要预言。在南极进行的“银河系外宇宙偏振背景成像2”（BICEP2）实验，发现了原初引力波（早期宇宙暴胀时期产生的时空交织的涟漪）的证据。物理学家认为，这一发现不仅是宇宙曾经历过暴胀的主要证据，而且还让众多描述暴胀的不实理论由此出局。“这确实大大缩减了那些曾经看似合理的暴胀候选模型的数量。”美国约翰斯·霍普金斯大学的马克·卡明科夫斯基（Marc Kamionkowski）说。卡明科夫斯基虽然没有参与上述实验，但早在1997年，他就和其他科学家一同提出了如何发现引力波“痕迹”的理论——用他的话来说，“这不是在稻草堆里找一根针，而是在满满的一大桶沙子里找一根针”。

从宇宙大爆炸之后不久出现的、残留到现在的“光”（宇宙微波背景辐射）中，BICEP2实验发现了一个所谓的“原初B模式极化”。大致说来，光在极化方向（电磁振荡的取向）上发生了一点点弯曲，这只可能由暴胀产生的引力波导致。“我们发现了暴胀的确凿证据，而且还生成了遍布宇宙的引力波的首幅图像。”美国斯坦福大学的郭兆林（Chao-Lin Kuo）介绍。他是该项研究的领军人之一，并设计了BICEP2的探测器。

在物理研究领域，如此重大的发现还需其他实验证实才能真正被认可。然而目前得到的结果已预示了宇宙学的一个重大成就。“虽然不能说没有出错的可能，但我认为该结果极可能成立。”美国麻省理工学院的艾伦·古思（Alan Guth）说。他于1980年首次预言了宇宙暴胀。

目前，物理学家正在仔细分析这项重大发现，试图理清暴胀的时间线，以找到其他线索。BICEP2的测量结果显示，暴胀发生在宇宙大爆炸之后的一万亿亿亿亿分之一秒。那时，宇宙的能量极高，除了引力之

外，当时自然界中所有其他的基本力（电磁力、强相互作用力和弱相互作用力）或许曾经为一种力。此外，这个新的测量结果还能够消除对暴胀理论持怀疑态度者的疑虑。暴胀理论的主要研究者之一、美国斯坦福大学的安德烈·林德（Andrei Linde）说：“如果该发现得到证实，暴胀理论就可以说是这方面唯一的真理了。”



“吹起来”：膨胀的宇宙引发了拉伸、压缩时空的引力波。

宇宙深处的重子声波振荡：暗能量存在的新证据

撰文｜廖红艳

重子声波振荡是一把可靠、理想的“量天尺”。通过测量距离，它可以帮助我们重建宇宙的膨胀历史。

大爆炸发生约38万年后，宇宙中的第一束光挣脱束缚，开始自由飞翔。当这些最古老的光子传播到地球时，我们就观测到了宇宙微波背景辐射。对天文学家来说，这是一个幸运的时刻，因为那时的宇宙不仅给我们送来了二维的宇宙微波背景辐射图，还赐予我们一把可以测量宇宙三维结构的“量天尺”——重子声波振荡。

宇宙诞生之初，由于高温和高密度，物质是完全电离的，存在着很强的相互作用的物质和光统称为重子－光子流体（其中的物质主要是质子、中子等重子）。此时，宇宙原始声波（宇宙创生时留下的原始扰动在重子－光子流体中的传播）接近光速，导致重子－光子流体密度在有的区域大，在有的区域小。

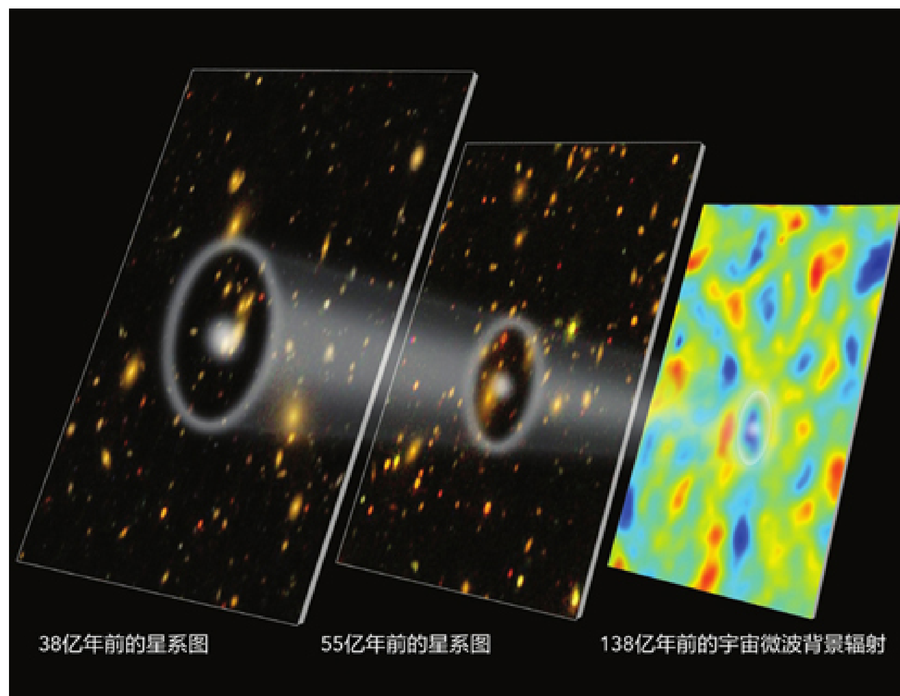
直到宇宙诞生约38万年，物质冷却到了足够低的温度，物质和光开始分道扬镳。获得自由的光子，携带着原始宇宙的信息飞身而去。这些信息，我们可以在宇宙微波背景辐射图上看到。而随着光子离去，重子声波也戛然而止，就像布满涟漪的湖面突然冻结。由重子声波振荡导致的物质分布特征，也永久封存在了那一刻的时空中，并随着宇宙的整体膨胀被拉伸，如同气球上的图案随着气球的膨胀而变大。

对宇宙学家来说，重子声波振荡就是宇宙早期那段“热”历史的活化石。“可以用重子声波振荡测量宇宙的几何性质，得到宇宙的膨胀历史，进而对暗能量的物理性质进行观测检验。”中国科学院国家天文台赵公博研究员向《环球科学》记者介绍。赵公博同时也是斯隆数字化巡天四期（SDSS-IV）子项目“扩展的重子声波振荡光谱巡天”（eBOSS）星系成团性工作组的联合组长。

2017年5月，eBOSS发布了最新成果，将这两年来确定的约14.7万

个高红移（距地球较远）类星体的空间分布，与前期BOSS（重子声波振荡光谱巡天，SDSS-III子项目）确定的约100万个低红移（距地球较近）星系数据结合，绘制出了宇宙大尺度结构的三维图（见下图），并从星系分布规律中发现了显著的重子声波信号，从而独立证实了暗能量的存在。

这是科学家首次利用遥远的类星体探测宇宙膨胀的历史，重子声波振荡也由此成为继超新星、宇宙微波背景辐射后证明暗能量存在的又一独立证据。



星系图中显露的重子声波振荡信号，可以帮助天文学家重建宇宙的膨胀历史。

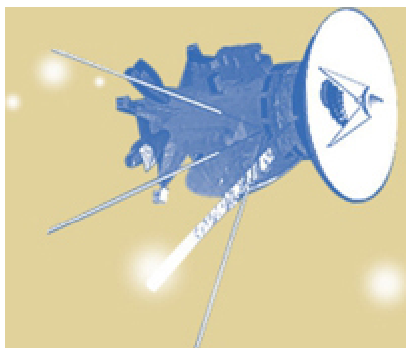
“如果说宇宙微波背景辐射测量的是宇宙的二维投影，那我们对重子声波振荡的测量则是对宇宙进行的三维CT（计算机断层成像）扫描。”赵公博这样形容。想象一下，如果你拥有一把宇宙尺度的标准尺，把它垂直于视线方向放置在天球上，测量它张开的角度，你就能得知宇宙中天体的距离；把它沿着视线方向放置，测量它两端的红移差，你就能推断出此时宇宙膨胀的速度。

从宇宙微波背景辐射中，科学家已经观测到早期的重子声波振荡信号；现在从大规模巡天得到的宇宙大尺度结构三维图中，他们又得到了

宇宙其他时刻的重子声波振荡信号。两者比较，便能推断出宇宙各个时刻的膨胀速度，进而了解宇宙的膨胀历史，推断暗能量的存在。

从人们提出重子声波振荡理论到实现初步测量，已经过去了40多年。现在，越来越多的科学家开始意识到，重子声波振荡正是他们梦寐以求的，最可靠、最理想的“量天尺”。但要想更精确地测量重子声波振荡信号，科学家还需要借助更广、更深的星系巡天。

“未来5～10年，”赵公博说，“我们将利用下一代更强大的星系巡天，包括暗能量光谱仪项目（DESI）、欧几里得空间望远镜计划（Euclid）、我国与日本、美国合作的大型星系观测项目（PFS）等，以更高的精度提取宇宙更深处的重要信息，对暗能量、引力、中微子质量等宇宙学前沿课题进行深入研究。”



如何拦截可能撞击地球的小行星？蚕宝宝有可能被端上太空餐桌？太阳系中其实到处都有水？霍金的黑洞新理论是什么？爱因斯坦预言的引力波如何被证实？从发现太空中有趣的天体，到探测神秘的暗物质；从聆听来自太空的各种信息，到打造创意无限的太空生活……本书精选《科学美国人》前沿科技资讯，带领读者轻松愉快地概览近年来宇宙科学的研究进展，探索宇宙中的未解之谜。

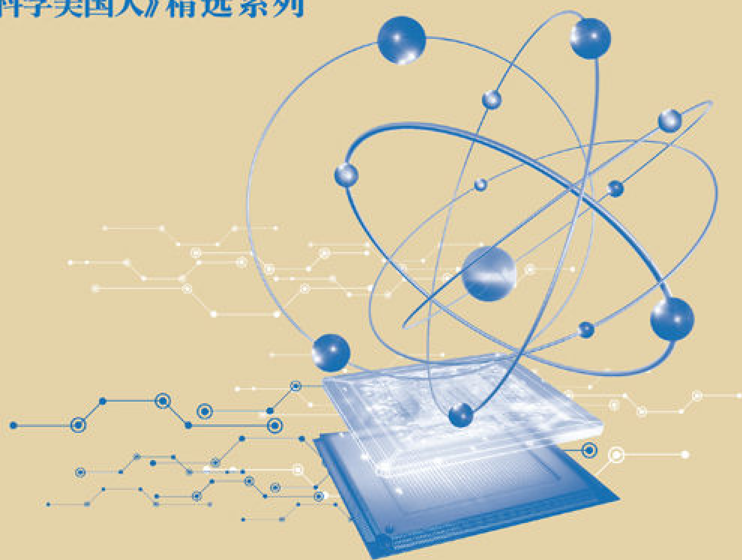
我很欣赏《科学美国人》，因为它把世界科学更广泛地介绍给了读者。

——阿尔伯特·爱因斯坦

科学和艺术一样，都让我们的世界更加绚丽多彩，愿享誉百年的《科学美国人》传播科学精神，影响更多人。

——钢琴家　理查德·克莱德曼

《科学美国人》精选系列



极简量子大观

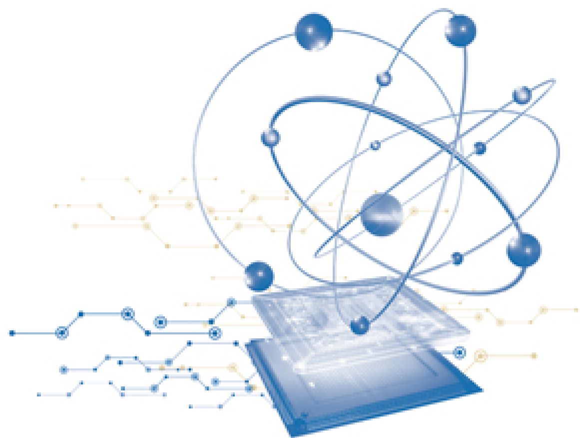
哈利·波特的隐身斗篷能成为现实吗？
跳高和物理学有什么关系？
量子如何帮你送口信？
……

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS

《科学美国人》精选系列



极简量子大观

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS
北京 BEIJING

Copyright © Foreign Language Teaching and Research Press 2018

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of Foreign Language Teaching and Research Press.

本书版权由外语教学与研究出版社独家所有。如未获得该社书面同意，书中任何部分之文字及图片，不得用任何方式抄袭、节录、翻印或存储利用于任何数据库及检索系统等。

Published by Foreign Language Teaching and Research Press

No. 19 Xisanhuan Beilu

Beijing, China 100089

http://www.fltrp.com

图书在版编目（CIP）数据

极简量子大观 / 《环球科学》杂志社，外研社科学出版工作室编．——北京：外语教学与研究出版社，2018.5

（《科学美国人》精选系列）

ISBN 978-7-5213-0061-1

I．①极…　II．①环…　②外…　III．①科学知识－普及读物　IV．①Z228

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第103218号

出版人　徐建忠
责任编辑　郭思彤
责任校对　李盎然
出版发行　外语教学与研究出版社
社　　址　北京市西三环北路19号（100089）
网　　址　http://www.fltrp.com
版　　次　2018年6月第1版
书　　号　ISBN 978-7-5213-0061-1

凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部
举报电话：（010）88817519　　电子邮箱：banquan@fltrp.com
法律顾问：立方律师事务所　刘旭东律师
　　　　　中咨律师事务所　殷　斌律师

目　录

《科学美国人》简介
《科学美国人》精选系列
序　集成再创新的有益尝试
前言　科学奇迹的见证者
话题一　统计数据的陷阱
　　为什么你不如朋友受欢迎？
　　排名机制背后的数学机密
　　篮球运动员的“迷信”
　　不要幻想一夜暴富
　　疾病检查骗了我们？
　　调查结果不可盲从
　　统计学怪圈
　　小数致大错
话题二　即学即用的生活智慧
　　从电脑散热中窃取数据
　　推特会泄露用户经济状况
　　消除GPS盲区
　　为什么有的番茄更美味？
　　爆米花中的物理知识
　　咖啡为什么会洒出杯子？
　　咖啡机里的数学难题
　　冰箱的噪声从哪儿来？
　　跳高和物理学
话题三　一半是魔法，一半是光学
　　“隐身斗篷”即将问世
　　简易型“隐身斗篷”
　　创造“时间裂隙”
　　不反光的表面涂层
　　手机屏幕将不再反光
　　“光学镊子”夹起纳米颗粒

能聚光的平面透镜
硬币上的显微镜
升级X射线扫描仪
话题四　不可尽知的粒子世界
质子究竟有多小
质量在改变
并非中性的中子
物质——反物质分子
超光速中微子
虚无缥缈找粒子
“惰性”中微子搜寻无果
量子排斥力
量子擦边球
量子麦克风
话题五　鬼魅似的远距作用
超长距离量子纠缠
相互纠缠的原子云
维持量子纠缠的旁门左道
钻石的量子纠缠
用量子帮你送口信
离子的天赋
量子照明提升成像精度
话题六　该死的粒子，你到底在哪里
寻找希格斯粒子
碰撞粒子一网打尽
成群结队的粒子
希格斯玻色子的意义
超对称理论“穷途末路”？
超对称理论有望被证实
发现五夸克粒子
未观测到强相互作用中宇称不守恒
话题七　于细微处见神奇的纳米技术
细菌的致命陷阱

用阳光制造氢气
更听话的纳米“积木”
宝石上的纳米管
纳米晶体改造电脑
细胞受体磁控制
纳米颗粒让过敏注射疗法更安全
用纳米颗粒模仿黑色素
纳米纱窗可过滤90%的有害颗粒物
话题八　人工“智”造的新传奇
AI时代，中国将弯道超车？
寒武纪：打造人工智能芯片
规范无人机飞行空域
无人驾驶汽车：谁为交通事故负责？
深海取样机器人
机器人帮脑瘫婴儿学习爬行
会跳高的机器人
更懂老人的陪护机器人

返回总目录

《科学美国人》简介

《科学美国人》（*Scientific American*）创刊于1845年8月，是美国历史悠久并保持连续出版的科普杂志。《科学美国人》一直致力于用生动而严谨的文字和丰富优美的图片向大众报道最新的科学发现和技术发展动态，传播科学理念，深受几代读者的欢迎。《科学美国人》汇集了各个时代的杰出科学家和科学记者，在其170余年的出版历史中，先后有包括阿尔伯特·爱因斯坦在内的160余位诺贝尔奖获得者为该刊撰写过文章。

《科学美国人》精选系列

丛书顾问

陈宗周

丛书主编

刘　芳　章思英
褚　波　姚　虹

丛书编委（按姓氏笔画排序）

刘雨佳　刘晓楠　李盎然　吴　兰　何　铭　罗　凯
赵凤轩　郭思彤　韩晶晶　蔡　迪　廖红艳

序
集成再创新的有益尝试

欧阳自远
中国科学院院士　中国绕月探测工程首席科学家

《环球科学》是全球顶尖科普杂志《科学美国人》的中文版，是指引世界科技走向的风向标。我特别喜爱《环球科学》，因为她长期以来向人们展示了全球科学技术丰富多彩的发展动态；生动报道了世界各领域科学家的睿智见解与卓越贡献；鲜活记录着人类探索自然奥秘与规律的艰辛历程；传承和发展了科学精神与科学思想；闪耀着人类文明与进步的灿烂光辉，让我们沉醉于享受科技成就带来的神奇、惊喜之中，对科技进步充满敬仰之情。在轻松愉悦的阅读中，《环球科学》拓展了我们的知识，提高了我们的科学文化素养，也净化了我们的灵魂。

《环球科学》的撰稿人都是具有卓越成就的科学大家，而且文笔流畅，所发表的文章通俗易懂、图文并茂、易于理解。我是《环球科学》的忠实读者，每期新刊一到手就迫不及待地翻阅以寻找自己最感兴趣的文章，并会怀着猎奇的心态浏览一些科学最前沿命题的最新动态与发展。对于自己熟悉的领域，总想知道新的发现和新的见解；对于自己不熟悉的领域，总想增长和拓展一些科学知识，了解其他学科的发展前沿，多吸取一些营养，得到启发与激励！

每一期《环球科学》都刊载有很多极有价值的科学成就论述、前沿科学进展与突破的报告以及科技发展前景的展示。但学科门类繁多，就某一学科领域来说，必然分散在多期刊物内，难以整体集中体现；加之每一期《环球科学》只有在一个多月的销售时间里才能与读者见面，过后在市面上就难以寻觅，查阅起来也极不方便。为了让更多的人能够长期、持续和系统地读到《环球科学》的精品文章，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社合作，将《环球科学》刊登的“前沿”栏目的精品文章，按主题分类，汇编成系列丛书，包括《大美生命传奇》《极简量子大观》《极简宇宙新知》《未来地球简史》等，再度奉献给读者，让更多的读者特别是年轻的朋友们有机会系统地领略和欣赏众多科学大

师的智慧风采和科学的无穷魅力。

当前，我们国家正处于科技创新发展的关键时期，创新是我们需要大力提倡和弘扬的科学精神。前沿系列丛书的出版发行，与国际科技发展的趋势和广大公众对科学知识普及的需求密切结合；是提高公众的科学文化素养和增强科学判别能力的有力支撑；是实现《环球科学》传播科学知识、弘扬科学精神和传承科学思想这一宗旨的延伸、深化和发扬。编辑出版这套丛书是一种集成再创新的有益尝试，对于提高普通大众特别是青少年的科学文化水平和素养具有很大的推动意义，值得大加赞扬和支持，同时也热切希望广大读者喜爱这套丛书！

欧阳自远

前言
科学奇迹的见证者

陈宗周
《环球科学》杂志社社长

1845年8月28日，一张名为《科学美国人》的科普小报在美国纽约诞生了。创刊之时，创办者鲁弗斯·波特就曾豪迈地放言：当其他时政报和大众报被人遗忘时，我们的刊物仍将保持它的优点与价值。

他说对了，当同时或之后创办的大多数美国报刊消失得无影无踪时，170岁的《科学美国人》依然青春常驻、风采迷人。

如今，《科学美国人》早已由最初的科普小报变成了印刷精美、内容丰富的月刊，成为全球科普杂志的标杆。到目前为止，它的作者包括了爱因斯坦、玻尔等160余位诺贝尔奖得主——他们中的大多数是在成为《科学美国人》的作者之后，再摘取了那顶桂冠的。它的无数读者，从爱迪生到比尔·盖茨，都在《科学美国人》这里获得知识与灵感。

从创刊到今天的一个多世纪里，《科学美国人》一直是世界前沿科学的记录者，是一个个科学奇迹的见证者。1877年，爱迪生发明了留声机，当他带着那个人类历史上从未有过的机器怪物在纽约宣传时，他的第一站便选择了《科学美国人》编辑部。爱迪生径直走进编辑部，把机器放在一张办公桌上，然后留声机开始说话了："编辑先生们，你们伏案工作很辛苦，爱迪生先生托我向你们问好！"正在工作的编辑们惊讶得目瞪口呆，手中的笔停在空中，久久不能落下。这一幕，被《科学美国人》记录下来。1877年12月，《科学美国人》刊文，详细介绍了爱迪生的这一伟大发明，留声机从此载入史册。

留声机，不过是《科学美国人》见证的无数科学奇迹和科学发现中的一个例子。

可以简要看看《科学美国人》报道的历史：达尔文发表《物种起源》，《科学美国人》马上跟进，进行了深度报道；莱特兄弟在《科学美国人》编辑的激励下，揭示了他们飞行器的细节，刊物还发表评论并给莱特兄弟颁发银质奖杯，作为对他们飞行距离不断进步的奖励；当"太

空时代”开启，《科学美国人》立即浓墨重彩地报道，把人类太空探索的新成果、新思维传播给大众。

今天，科学技术的发展更加迅猛，《科学美国人》的报道因此更加精彩纷呈。无人驾驶汽车、私人航天飞行、光伏发电、干细胞医疗、DNA计算机、家用机器人、“上帝粒子”、量子通信……《科学美国人》始终把读者带领到科学最前沿，一起见证科学奇迹。

《科学美国人》也将追求科学严谨与科学通俗相结合的传统保持至今并与时俱进。于是，在今天的互联网时代，《科学美国人》及其网站当之无愧地成为报道世界前沿科学、普及科学知识的最权威科普媒体。

科学是无国界的，《科学美国人》也很快传向了全世界。今天，包括中文版在内，《科学美国人》在全球用15种语言出版国际版本。

《科学美国人》在中国的故事同样传奇。这本科普杂志与中国结缘，是杨振宁先生牵线，并得到了党和国家领导人的热心支持。1972年7月1日，在周恩来总理于人民大会堂新疆厅举行的宴请中，杨先生向周总理提出了建议：中国要加强科普工作，《科学美国人》这样的优秀科普刊物，值得引进和翻译。由于中国当时正处于“文革”时期，杨先生的建议6年后才得到落实。1978年，在“全国科学大会”召开前夕，《科学美国人》杂志中文版开始试刊。1979年，《科学美国人》中文版正式出版。《科学美国人》引入中国，还得到了时任副总理的邓小平以及时任国家科委主任的方毅（后担任副总理）的支持。一本科普刊物在中国受到如此高度的关注，体现了国家对科普工作的重视，同时，也反映出刊物本身的科学魅力。

如今，《科学美国人》在中国的传奇故事仍在续写。作为《科学美国人》在中国的版权合作方，《环球科学》杂志在新时期下，充分利用互联网时代全新的通信、翻译与编辑手段，让《科学美国人》的中文内容更贴近今天读者的需求，更广泛地接触到普通大众，迅速成为了中国影响力最大的科普期刊之一。

《科学美国人》的特色与风格十分鲜明。它刊出的文章，大多由工作在科学最前沿的科学家撰写，他们在写作过程中会与具有科学敏感性和科普传播经验的科学编辑进行反复讨论。科学家与科学编辑之间充分交流，有时还有科学作家与科学记者加入写作团队，这样的科普创作过程，保证了文章能够真实、准确地报道科学前沿，同时也让读者大众阅读时兴趣盎然，激发起他们对科学的关注与热爱。这种追求科学前沿

性、严谨性与科学通俗性、普及性相结合的办刊特色，使《科学美国人》在科学家和大众中都赢得了巨大声誉。

《科学美国人》的风格也很引人注目。以英文版语言风格为例，所刊文章语言规范、严谨，但又生动、活泼，甚至不乏幽默，并且反映了当代英语的发展与变化。由于《科学美国人》反映了最新的科学知识，又反映了规范、新鲜的英语，因而它的内容常常被美国针对外国留学生的英语水平考试选作试题，近年有时也出现在中国全国性的英语考试试题中。

《环球科学》创刊后，很注意保持《科学美国人》的特色与风格，并根据中国读者的需求有所创新，同样受到了广泛欢迎，有些内容还被选入国家考试的试题。

为了让更多中国读者了解世界科学的最新进展与成就、开阔科学视野、提升科学素养与创新能力，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社展开合作，编辑出版能反映科学前沿动态和最新科学思维、科学方法与科学理念的"《科学美国人》精选系列"丛书。

丛书内容精选自近年《环球科学》刊载的文章，按主题划分，结集出版。这些主题汇总起来，构成了今天世界科学的全貌。

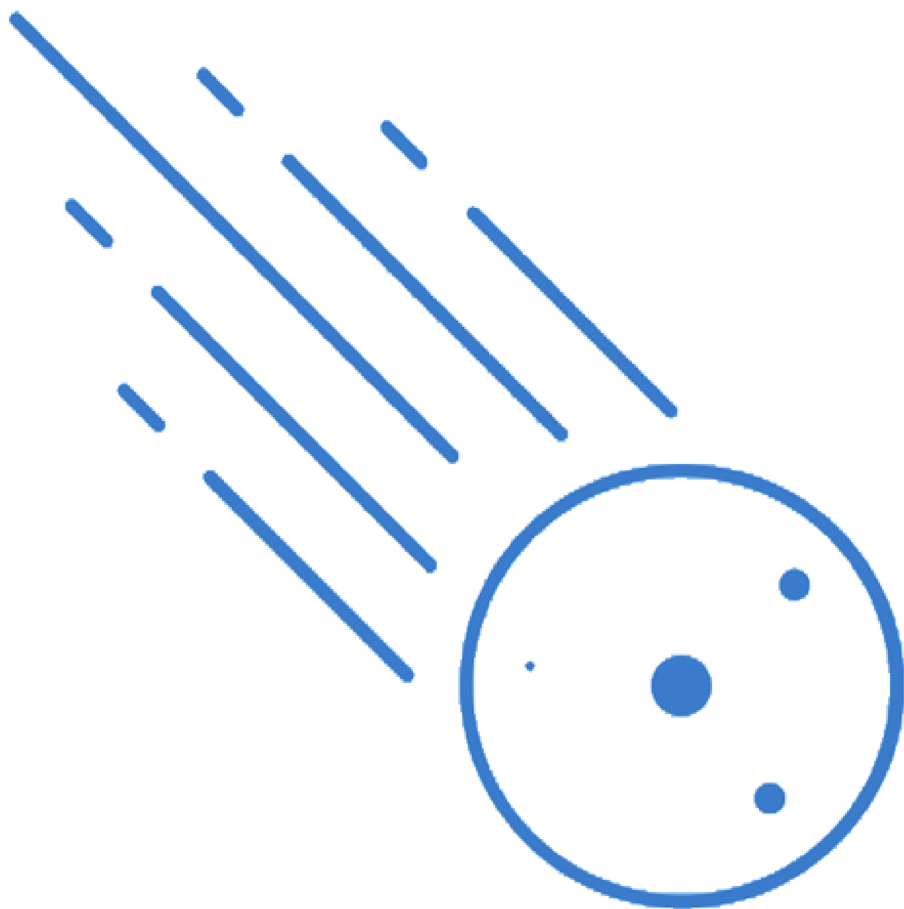
丛书的特色与风格也正如《环球科学》和《科学美国人》一样，中国读者不仅能从中了解科学前沿和最新的科学理念，还能受到科学大师的思想启迪与精神感染，并了解世界最顶尖的科学记者与撰稿人如何报道科学进展与事件。

在我们努力建设创新型国家的今天，编辑出版"《科学美国人》精选系列"丛书，无疑具有很重要的意义。展望未来，我们希望，在《环球科学》以及这些丛书的读者中，能出现像爱因斯坦那样的科学家、爱迪生那样的发明家、比尔·盖茨那样的科技企业家。我们相信，我们的读者会创造出无数的科学奇迹。

未来中国，一切皆有可能。

陈宗周

话题一
统计数据的陷阱



谁都不能否认统计是科学，而且是一门很高深的科学，但为什么有时候统计学结果会与公众的感觉有出入呢？这里面有个人感觉与平均效应存在偏差的问题，也有统计数据本身的问题。美国统计专家达莱尔·哈夫（**Darrell Huff**）曾经写过一本传世之作《统计数字会撒谎》（***How to Lie with Statistics***），该书引发的“编造虚假信息”话题受到美国社会持续普遍的关注。

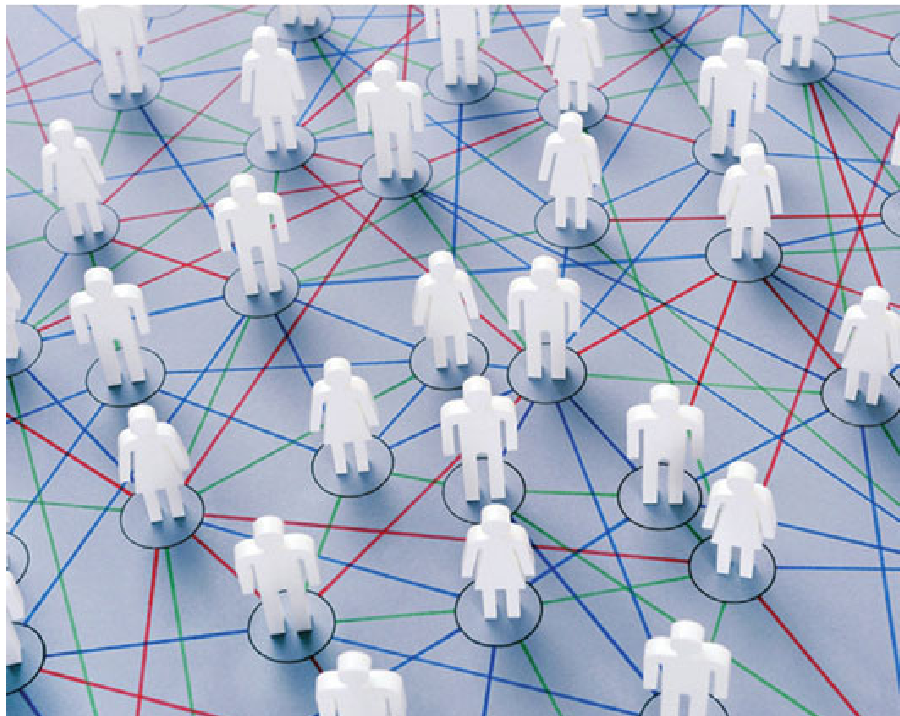
为什么你不如朋友受欢迎？

撰文 | 约翰·阿伦·保罗斯（John Allen Paulos）
翻译 | 王栋

在社交网站上，大多数人都感到自己受关注的程度没有朋友高。原因很简单——平均效应与个人的感觉会截然不同。其中，我们拥有朋友的数量是一个典型的例子。

你的朋友比你本人更受欢迎吗？虽然看起来，并没有什么理由证实这是真的，但很可能确实如此。我们更容易跟一个拥有很多朋友的人成为朋友，这并不是因为我们在刻意躲避朋友很少的人，而是因为我们跟一个受欢迎的人做朋友的可能性更高，原因很简单——这样的人拥有的朋友数量也多。

这个简单的道理不仅体现在真实的交友过程之中，还体现在社交媒体之上。在推特社交网站上，它就导致了所谓的“关注者悖论”：大多数人被关注的数量比他们关注的人被关注的数量要少。在你急于变得更受欢迎之前，要记住：大多数人其实跟你一样，关注他们的人寥寥无几。



在许多情况下，平均效应与个人感受会截然不同，我们拥有朋友的数量只是其中一个典型的例子，另一个例子是课堂上的人数。

不妨设想，某所大学里的一个小院系在某个学期开了三门课：一门是基础概论课，有80名学生；一门是高等专业课，有15名学生；还有一门研究讨论课，只有5名学生。请问：每门课的平均人数是多少？显然，应该是（80＋15＋5）/3，也就是33.3名学生。这个数字就是院系计算的平均课堂人数。

悖论

指在逻辑上可以同时推导出两个互相矛盾的命题的命题或理论体系。悖论的出现往往是因为人们对某些概念的理解不够深刻，其成因极为复杂，对它们的深入研究有助于数学、语义学等理论学科的发展，因此具有重要意义。悖论主要有逻辑悖论、概率悖论、几何悖论、统计悖论和时间悖论等。



现在再来算一遍，这次我们从一个普通学生的角度来看待问题。在100名学生中，有80个人会发现，他们的课堂上有80名学生，有15个人会发现，课堂上有15名学生，只有5个人发现，课堂上只有5名学生。因此，在学生眼里，课堂的平均人数是（$80\times80+15\times15+5\times5$）/100，也就是66.5名学生。不过，这个数字不太可能被系里采用。

当然，这种论证方法在很多情况下都能被采纳。看看人口密度问题，地球表面单位面积上的平均人口数量其实不多，然而，从人的平均眼光来看，人口密度要高得多，因为大多数人居住在城市里。因此，我们能够得出这样的结论：虽然生活在远比平均人口密度更高的环境里，我们中的大多数人的受欢迎程度却达不到平均水平。



排名机制背后的数学机密

撰文 | 埃米·朗格维尔（Amy N. Langville） 卡尔·迈耶（Carl D. Meyer）
翻译 | 郭凯声

在日常生活中，我们往往需要排名帮助我们做出选择，如在考虑送子女到哪里读大学时会参考大学的排名。但其实任何排名和评分机制都有数学缺陷，不可不信，也不可全信。

日常生活中，需要我们做出决定的许多场合（如购物、上网、看电影，乃至送子女去读大学等），往往都会涉及评分和排名的问题。但你可曾想过，是什么人给出这些评分呢？评分是只反映了主观看法，还是另有什么因素在悄悄起作用呢？



假设现在你是马克·扎克伯格（Mark Zuckerberg），在他的Facemash网站（Facebook网站的前身）上给哈佛大学的女生评分、排名。最简单的办法自然是让大家为自己心仪的女生投票，而某位女生的得分就是她所获得的票数。

但投票的效果并不好，因为不同的人投的票，效力可能不一样。例如，那些不学无术的人投的票，在效力上通常就不如知识渊博的人投的票。拿Facemash来说，投票者的性别可能起相当重要的作用。



但给投票者规定某种权重往往是不可行的，特别是在投票者身份不明的情况下。因此，你不妨试试美国大学橄榄球冠军联赛为各个大学橄榄球队评分所使用的方法。如果把这种方法用在评选前10名的女生上，就应该这样操作：投票者为最心仪的女生打10分，为次心仪的女生打9分，依此类推。每位女生所获得的分数加起来，就是她的最后得分。

不过，大多数橄榄球迷希望，球队排名应该根据实际比赛的成绩来进行。事实上，由于来自球迷的强大压力，美国大学橄榄球赛的组织者在2012年4月宣布，他们正在考虑在2014赛季实行附加赛。扎克伯格出

于直觉，敏锐地意识到一对一的比拼是更好的评分办法。他采取的方法是，直接把两名女生的照片放在一起，然后问：“哪个更漂亮？”这样，打分就很容易了。每次比拼，赢方得1分，输方得0分（如不分胜负，则双方各得0.5分）。

但是，如何把这种一对一比拼的分数转化为评分呢？酷爱国际象棋的美国物理学家阿帕德·埃洛（Arpad Elo）推理说，一种比较合理的办法是，随着比赛的进行，为每位选手确定一个平均成绩，这个成绩就是选手的初始评分。一旦评分，此后就只能根据选手的成绩高于或低于平均成绩的幅度，对评分进行相应的调整。后来，人们对埃洛的构想稍微做了一些改进——平均成绩由另一个相对性指标来代替，这个指标反映的是一位选手在与另一位选手对阵时的预期成绩。它所依据的逻辑是，两个选手在对阵之前，其评分上的差距应该让人想到，当他们真实较量时可能会出现什么结果。

除了足球和橄榄球以外，这个巧妙的评分方法也在游戏世界中获得了广泛应用。不过，在把它应用于各种场合时，人们根据比赛的具体情况做了一些改动。我们仍然不能说，这就是最好的评分和排名方式，因为最好的方式其实是不存在的。早在1951年，美国数理经济学家肯尼思·阿罗（Kenneth Arrow）就已经证明，不可能存在一种能满足若干公平准则的最优排名机制。因此，争议仍会持续下去，这使评级与排名机构不停地根据各自的特殊需求，去调整并量身打造评分与排名机制。



篮球运动员的“迷信”

撰文｜约翰·马特森（John Matson）
翻译｜红猪

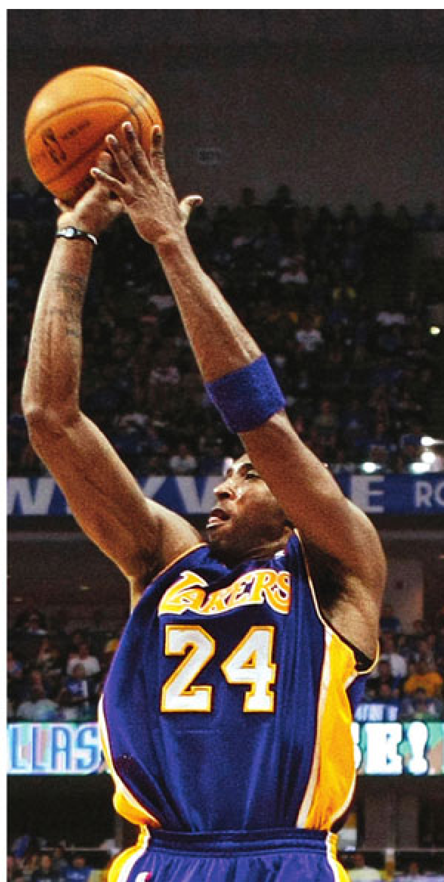
统计学规律告诉我们：篮球运动员在投中三分球后再次命中的概率，比第一次失手后再次命中的概率低。但篮球运动员往往倾向于在第一次投中后马上试第二次，因为此时自己的手感正佳。

在NBA（美国全国篮球协会）赛场上，雷吉·米勒（Reggie Miller）、迈克尔·乔丹（Michael Jordan）、科比·布莱恩特（Kobe Bryant）都曾有过投篮连续命中的难忘瞬间。但过去的研究表明，所谓“手感好”只是一种“迷信”，究其原因，是我们有一种在没有规律的地方“看见”规律的倾向。

无论是否迷信，当统计数字显示篮球运动员的投篮命中率不高时，他们有时仍会认为自己的手感正佳。最近的一项研究显示，职业篮球运动员在比赛中过于看重上一个三分球的结果。一旦投中，他们再次投掷三分球的意愿就会大大提高。这项刊登在《自然·通讯》（*Nature Communications*）杂志上的研究分析了数百场NBA和WNBA（美国国家女子篮球协会）比赛的统计数字。

湖人队的科比在2007～2008赛季的表现就是一个很好的例子。科比曾在那个赛季赢得“最有价值球员”的称号，每次投中三分球后，他在三分线外再次投球的次数几乎是投偏后再次投球次数的四倍。不过，指望连中三分是一条错误的策略。数据显示，球员在投中一次后再次命中的概率其实比失手后再次投篮的命中率要低。这再次证明，“手感好”可能只是球员的“迷信”。


JPN
KOR
64
80


LAKERS
24

不要幻想一夜暴富

撰文 | 戴夫·莫舍（Dave Mosher）
翻译 | 王栋

英国的一项统计数据表明，每个抢银行的劫匪平均能分得19,900美元赃款，大约相当于一位咖啡店员工一年的薪水。但抢银行可是一份高风险的“工作”，差不多33%的银行劫匪会空手而归，还有20%的劫匪最终被捕。

最近一项对银行保密数据的统计分析显示：对于银行劫匪，一夜暴富差不多是在做梦，身陷囹圄才更有可能发生。





“坦白地说，抢银行的平均回报真的很‘垃圾’。”这是2012年6月，在《显著性》（*Significance*）（美国统计学会和英国皇家统计学会联合出版的双月发行统计学期刊）上刊载的一篇关于英国银行劫案的经济学研究文章所得出的结论。为了进行这项研究，英国萨里大学的经济学家尼尔·里克曼（Neil Rickman）和罗伯特·威特（Robert Witt），与英国萨塞克斯大学的经济学家巴里·赖利（Barry Reilly）一起，同英国银行家联合会谈判了数月，才得到其详细记录的2005～2008年发生的364起银行劫案的保密数据。与之相反，在美国，这样的详细数据记录压根就不可能存在，因为即便银行进行了记录，它们也会被埋没在美国联邦调查局关于银行劫案的匿名季度报告里。

统计研究显示，平均而言，每一起英国银行劫案的案犯人数为1.6人，赃款为31,900美元。假设案犯之间均匀分赃，平均每个人每次抢劫能分得约19,900美元赃款——大约相当于一位咖啡店员工一年的薪水。

如果是持枪抢劫的话，则能将每一起抢劫得到的赃款增加16,100美元，虽然通常这也需要更多的同伙来参与。然而，单枪匹马地去抢能获得更高的平均赃款，因为增加一个同伙而多劫的钱不足以抵消多一个人分赃带来的损失。

里克曼评论道，虽然数目看起来并不小，但抢银行可是一份高风险的“工作”。在英国，差不多33%的银行劫案都以劫匪空手而归落幕，还有20%最终被捕。试图抢劫的次数越多，被捕的风险就越大。例如，如果一个劫匪已经是第4次抢银行了，那么其被捕的概率就会增加到

59%。因此，千万不要幻想着抢银行能发家致富。

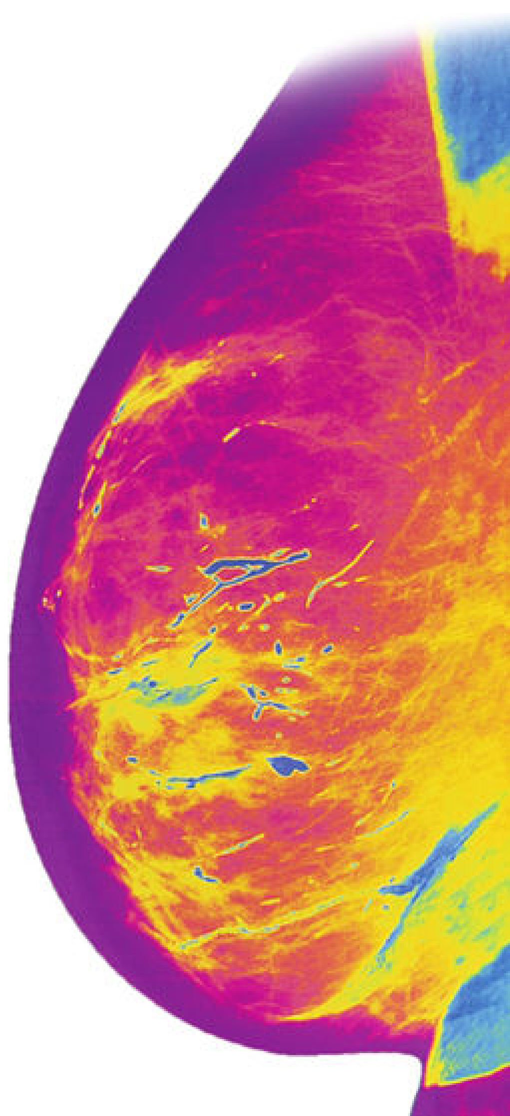
意大利都灵大学卡洛·阿尔贝托学院的经济学家乔瓦尼·马特罗波尼（Giovanni Matrobuoni）认为，该论文没有考虑到专业劫匪。而根据推测，专业劫匪应该收获了2005～2008年英国银行被劫所损失的1,160万美元中的大部分。例如，这篇论文提出，一些银行中安装的速升防弹屏将抢劫成功率降低了1/3。“但我却认为，只有笨贼才会选那些装备有速升防弹屏的银行，专业劫匪都会在实施抢劫前仔细踩点的。”马特罗波尼说。对此，里克曼回应道，关于专业劫匪的记录信息更难获得，因为那需要获得警方和银行的机密记录。

疾病检查骗了我们？

撰文 | 约翰·阿伦·保罗斯（John Allen Paulos）
翻译 | 郭凯声

疾病检测结果并不像我们想象的那样可信。假设某种癌症的发病率为**0.4**%，那么，即使一种检测手段只有**1**%的可能性得到假阳性结果，也会使真正的阳性结果只占检测出的阳性结果的**28.6**%。

似乎每隔几个月，就会有一项研究爆出猛料：又有一种广泛使用的癌症普查手段其实并无多大的作用。2009年，美国预防医学工作组指出，许多妇女拍乳房X光片的时间比专家建议的时间晚，检查频率也比专家建议的要低，因为每年拍片检查一次似乎没有带来什么好处。不久前，该工作组还针对检查前列腺癌的前列腺特异性抗原化验术，抛出了更为尖锐的说法：这种检查的效果是让许多人受罪而非挽回他们的生命。



最近，美国达特茅斯卫生政策与临床实践研究所的研究人员宣称，通过拍乳房X光片（美国每年有将近4,000万人接受此项检查）查出一个癌症病例，并不意味着就能挽回一条人命。研究人员发现，这项检查每年大概会检查出138,000个乳腺癌病例，但其中120,000～134,000个病例并未得到改善。这些病例要么发展得很慢，健康不会受到太大的影响；要么就是病情太严重，已无力回天。拍胸部X光片检查肺癌，以及检查宫颈癌的巴氏实验也受到了类似的抨击。

当然，对于单个病例而言，最好的检查和治疗方法可能是不一样的，但在所有检查方法的背后，其实都隐藏着一种“数学把戏”。这种把

戏是什么，虽然很多数学家已经耳熟能详，但仍值得重述一次：人们在搜寻相对罕见的东西时（不仅仅是癌症，甚至还有恐怖分子），假阳性结果极其常见——要么是查出来的致命癌症根本不存在，要么是你患的病并不至于要你的命。

现在，我们既不去考查上面提到的各种癌症的发病率数据，也不考虑所提到的每一种检查方法的敏感度和特异性，而是来看一种名叫X的假想癌症。假设在某一时间，X在某一特定人群中的发生率为0.4%（五百分之二）。一方面，我们假设，如果你患上这种癌症，那么检查结果有99.5%的概率为阳性；另一方面，我们假定，如果你未患此癌症，那么你在检查时被查出阳性结果的概率为1%。将这些数字代入概率论的重要成果——贝叶斯公式中，我们可以获得一些深刻的认识，但直接做点儿简单的算术来阐释它，则更为生动有趣。

贝叶斯公式

也称贝叶斯定理，由英国数学家托马斯·贝叶斯（Thomas Bayes）提出，是概率统计中用观察到的现象对先验概率进行修正的标准方法。例如，在本文的例子中，99.5%和1%就是观察到的现象的概率，0.4%为先验概率，把这些数据代入公式，就可以得到某人检查结果呈阳性时确实患病的概率。

假定有100万人接受了针对这种癌症的检查，由于此癌症的患病率为0.4%，因而约有1,000,000×0.4% = 4,000个人患有此病。根据假设，这4,000个人中将有99.5%的人得到阳性检查结果，也就是说，会出现4,000×0.995 = 3,980起阳性结果，而其余1,000,000 - 4,000 = 996,000个人将是健康的。但又根据假设，在这996,000位健康人中，会有1%的人得到阳性检查结果，也就是说，将会出现996,000×0.01 = 9,960起假阳性结果。因此，在总共3,980 + 9,960 = 13,940起阳性检查结果中，真正的阳性结果仅占3,980/13,940，即28.6%。

如果那9,960位健康人士因此而接受了相当伤身的治疗，如开刀、化疗、放疗之类，那么这些检查造成的最终效果就可能完全是负面的。

对于不同的癌症及检查方法，相应的数据也不同，但在心理学与数学之间朦胧不清的灰色地带中，总会出现这样一类需要权衡利弊的问题。一次检查救了一条命，这种事情即使不多见，其产生的心理效果也远比此项检查常常会带来众多相当严重、却比较隐蔽的有害影响强烈得

多。



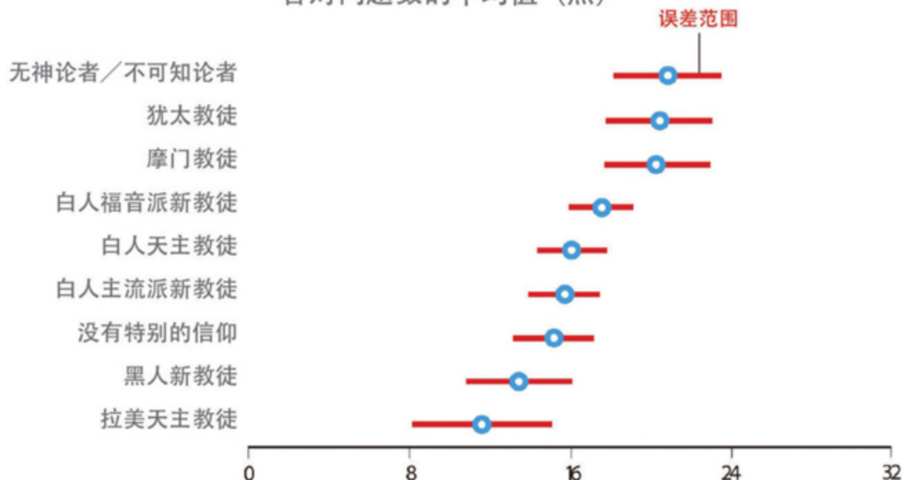
调查结果不可盲从

撰文 | 查尔斯·塞费（Charles Seife）
翻译 | 王栋

一份调查结果显示，无信仰人士似乎比信徒们更加了解宗教。这项调查其实很不精确，因为不但在调查中“无神论者 / 不可知论者”样本数不足以给出可靠数据，模糊的分类标准也让测验结果变得更加不可靠。

2010年9月底，美国皮尤宗教和公共生活论坛公布的一份调查结果显示，无信仰人士似乎比信徒们更加了解宗教。一些媒体便大肆宣扬这一结果。例如，《时代》（*Times*）杂志宣布：“无神论者比信徒们更了解宗教。”其他一些媒体则试图安慰信徒们，福克斯新闻网站就坚称：“宗教测验，我们没有不及格。”几乎没有人意识到，这项调查其实很不精确。事实上，这个事件为被我称为“错误估计”的一种现象提供了绝好的例证，那就是对不精确的数据太过较真。

乍一看，这项测验及其结果似乎没有什么问题：在一个由32道问题构成的宗教知识小测验中，将自己归入“无神论者 / 不可知论者”一组的人平均答对了20.9道问题，比其他任何一组的正确率都高，也高于整体的平均正确率（答对16.0道）。但是，由于“无神论者 / 不可知论者”在皮尤论坛上进行的这项测验中只占了很少一部分（全部3,412位参加测验者中仅有212位），20.9道问题的正确率掩盖了背后的高度不精确性——少量样本无法给出可靠数据。如果采用标准制图技术来表示测验结果，并在图中标出不确定性的话（下页图），就会发现“无神论者 / 不可知论者”跟“犹太教徒”“摩门教徒”的测验结果之间的差距消失了。



皮尤论坛还留了“没有特别的信仰”这一选项供受试者对号入座，这让测验结果变得更加不可靠。许多把自己归入“没有特别的信仰”一组的人都曾经明确表示他们不信神。有趣的是，这一组人在宗教知识测验中的得分要比典型的美国人低。如果把他们也归入“无神论者／不可知论者”，那么这一组人的平均得分就会比“白人福音派新教徒”的得分还要低一些。

皮尤论坛采取了更严谨的分析——根据受试者的教育及收入背景（遗憾的是，这些数据在报告中很不明显）对结果进行修正。修正后，信徒和无信仰人士之间就没有明显区别了。那些声称不信神的人的平均得分比全国平均得分仅仅高了0.3分，考虑到如此大的误差范围，这点儿分差没有任何意义。

在没有认真核实数据的情况下，新闻媒体就急不可待地将无神论者和有神论者的争执放在了新闻头条。皮尤论坛的这项调查，与其说反映了我们对神的信仰度，还不如说真正揭示了我们对调查结果的信任度——结果显示，在绝大多数时候，我们对调查结果都只是盲目地相信。

统计学怪圈

撰文 | 约翰·阿伦·保罗斯（John Allen Paulos）
翻译 | 郭凯声

你相信吗，有些时候对统计分析进行轻微调整，能让完全相同的数据得出截然相反的结论？对于一些弱相关的量，只要巧妙设定分类的定义，就能造出你希望的结果。

不久前，美国犹他大学的研究人员进行了一项调查，他们发现，食客在餐厅里吃东西的多少与餐盘的大小有关。我没有见到这项调查的细节，不过，它倒是让我想起，只需稍稍改变一下定义，人们便可以根据相同的数据得出截然相反的结论。

弱相关

相关是以量化形式对客观世界中事物之间普遍联系的反映，两个变量之间的变化关系表现在变化方向和密切程度两方面。弱相关，又称低度相关，即当一列变量变化时，与之相对应的另一列变量增大（或减少）的可能性较小，也即两列变量之间虽然有一定的联系，但联系的紧密程度较低。

如果这些互相矛盾的结果是预先做了手脚的个别现象，那倒也罢了，但情况并非如此。我们在处理弱相关的量时，常常会巧妙地设定我们所使用的类别的大小。在近来对暴力犯罪所做的调查中，就可以看到这种手法，其目的是想证明，若干个类别的犯罪正朝着期望的方向变化。本文中，我也打算通过一个类似的例子来阐明问题的关键所在。



这里，我们只用关于餐厅的调查作为启示，看看稍微改变一下定义为何会起到如此大的作用。假定饭店里有10位食客，而我们要考虑的是，餐盘的大小会对食客吃多少东西有影响。3位食客面前摆的是人们眼中的小餐盘（如直径小于20厘米），他们分别吃了250克、310克和280克的东西，平均吃了280克。现在又假定，4位食客面前摆的是中等大小的盘子（如直径为20～28厘米），而他们分别吃了500克、200克、400克和100克的东西，平均吃了300克。

最后我们假定，剩下的3位食客用的是大盘子（如直径大于28厘米），他们分别吃了370克、310克和340克的东西，平均吃了340克。

看出规律了吧？当盘子的尺寸由小增至中再增至大时，食客的平均食量由280克增至300克再增至340克。嗯，这个结果挺不错的！

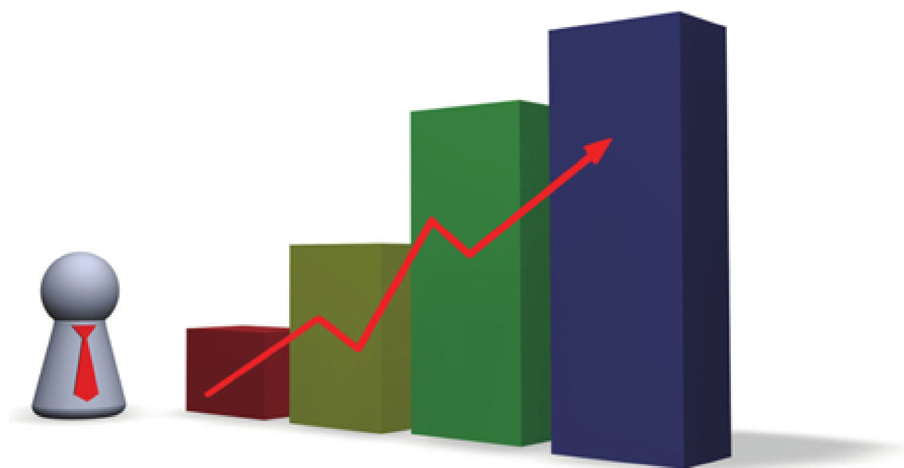
且慢高兴。如果我们把中等大小盘子的定义稍稍改一下，规定直径21～27厘米为中等，且小盘子与大盘子的定义也做相应改动，那结果又将如何呢？如果重新定义之后，导致2位食客分类错位，那又会怎样呢？吃了500克东西的那位食客其实用的是小盘（如直径为20.5厘米），而只吃了100克东西的那位食客其实用的是大盘（如直径为27.5厘米）。

现在，根据这一假设再来计算一次。4位（而非3位）食客用的是小盘子，分别吃了250克、310克、280克和500克的东西，平均吃了335克。2位（而非4位）食客用的是中等大小的盘子，分别吃了200克与400克，平均吃了300克。4位（而非3位）食客用的是大盘子，分别吃

了100克、370克、310克与340克的东西，平均吃了280克。

又看出规律了吗？随着盘子的尺寸由小增至中再增至大，食客的平均食量由335克减至300克再减至280克。啊哈！这也是一个很妙的结果！

而且，在这里，样本过小并非关键问题。其实，对于大量的数据点，这种手法玩起来恐怕会更加得心应手，因为对类别做手脚的机会更多。



小数致大错

撰文 | 安德鲁·格尔曼（Andrew Gelman）
翻译 | 郭凯声

统计学家在估计小规模人数时很容易出错，因为被错误分类的比例可能很高。

随着美国军方开始着手审查所谓“不问，不说”政策（即军方不可询问军人的性取向，军人也不能向军方透露自己的性取向），人们自然会想：有多少军人受到这项政策的影响？为了回答这个问题，五角大楼于2010年夏天对军队进行了调查，询问军人们在服役期间或以前在服役时是否遇到过他们认为是同性恋者的战友。此调查存在一个明显的问题——它所依据的完全是推测。撇开这一点不说，这项调查还提出了一个常见的统计学问题，即群体大小的不对称性。由于军人中绝大多数是异性恋者，因此，异性恋军人被误当作同性恋者的情况，将比同性恋军人被当作异性恋者的情况多得多。

这是问卷调查中普遍存在的一个问题。哈佛大学研究人员戴维·海明威（David　Hemenway）证明，某些广为人知的调查把美国人用于自卫的枪支数量高估了10倍之多。即使所有受访者中错误回答问题的人只占1%，这个错误率与持枪用于自卫者在总人口中所占的比例（据一些靠谱的调查披露，此比例约为0.1%）相比也够大的了。换言之，被错误分类的比例远远超过了真实的群体大小。要想避开这个问题，更明智的做法是，相信对犯罪受害者的调查结果，因为这类调查把使用枪支的问题限制在一个规模更小的群体上。

对于我们开头提出的那个问题，要调查军人中同性恋者所占的比例，一个还算不错（但仍不完美）的解决办法就是，把下面两项估计综合起来：一是估计同性恋者在总人口中所占的比例（从全国性调查中得出这一估计值易如反掌）；二是估计同性未婚伴侣中曾在军队中服役者所占的比例（用概率表示）。从总人口类推到军人，并把分析限制在同性未婚伴侣这个小圈子里，从而缩小了可能被误判为同性恋者的群体。加利福尼亚大学洛杉矶分校的加里·盖茨（Gary J. Gates）用这种方法估

算出美军中1.5%的男性和6.2%的女性是同性恋者或双性恋者。



话题二
即学即用的生活智慧



一提起科学发现，大家会觉得这似乎和我们的生活有很大的距离。其实，只要用心，生活中处处都能发现耐人寻味的科学道理。你知道当端着咖啡杯行走的时候，为什么有时候咖啡会洒出来，有时候不会吗？为什么大多数跳高运动员喜欢采用背越式姿势？为什么……

从电脑散热中窃取数据

撰文 | 杰西·埃姆斯帕克（Jesse Emspak）
翻译 | 李玲玲

研究人员发现一种新型电脑攻击方式：利用电脑散热盗取未联网计算机上的数据。当然，阻止这种攻击的方法也非常简单，使你的计算机远离任何联网机。

世界上最安全的计算机无法使用谷歌搜索，因为它们未与互联网及其他所有网络相连接。美国军方和美国国家安全局（NSA）依靠这种被称作“隔离网闸”（一种通过专用硬件使两个或者两个以上网络在不连通的情况下，实现安全传输数据和资源共享的技术）的方法来预防黑客袭击，新闻调查网站The Intercept也是如此。这个网站的创办人之一格伦·格林沃尔德（Glenn Greenwald）在披露美国国家安全局的大规模国内监听活动上起了不小的作用。



制图：托马斯·富克斯（**Thomas Fuchs**）

不过最近，以色列本 - 古里安大学的一个博士生团队宣布，他们能从隔离网闸式计算机上获取信息，方法是读取计算机处理器散发的热量中所包含的信息，这种热量信息就好像烟雾信号。

所有计算机都有内置热传感器，其作用是探测处理器产生的热量，并启动风扇，以防过高温度损伤元器件。

为了在办公环境下成功窃取数据，黑客会用恶意软件感染两台相邻的台式机，其中一台通过隔离网闸保护，另一台则是联网的。恶意软件控制这两台机器后，可以让它们解码隐藏在传感器数据里的信息。携带恶意软件的病毒很容易感染联网的计算机，而要感染一台隔离网闸式计算机，就需要通过U盘或其他硬件途径，这在安全措施十分严密的场所很难实现。

如果黑客要在隔离网闸式计算机上寻找一个密码，恶意软件会命令

这台计算机的CPU以特定活动模式运行，从而泄露组成密码的字符。CPU在运行时，每一系列活动都会产生一股暖空气吹到旁边的联网机上，然后联网机的热传感器就会记录下一个比特的信息。随着时间的流逝，看！一组代表密码的二进制数据出来了。接下来，联网机就能将信息发送给黑客。计算机科学家将黑客的这种攻击方式称为“比特私语”。

被感染的计算机每小时最多只能传送8比特数据，而且与联网机相距不能超过16英寸（约为0.4米）。这速度听起来慢得要死。不过，这篇研究报告的作者之一伊斯罗尔·米尔斯基（Yisroel Mirsky）认为，这个速度足以获取你需要的信息了。该报告于2015年7月在意大利举行的IEEE计算机安全基础研讨会上公布。米尔斯基指出，仅需5比特数据就足以组成一条简单信息（譬如一条从联网机发送到非联网机的指令），可以启动一个破坏数据的算法。

“比特私语”也许看起来过于煞费苦心——毕竟，如果我们能通过USB把恶意软件装到计算机上的话，何必要费心用热通道的办法呢？但米尔斯基强调，借助这种方法，黑客无需坐在一台隔离网闸式计算机前就可以轻松控制它。而且，英国剑桥大学研究非常规信息传输的阿尼尔·摩陀伐佩迪（Anil Madhavapeddy，未参与此项研究）说，因为计算机变热不会被人注意，所以黑客能避人耳目。“通常，当计算机运行越来越快，所存储的数据越来越有价值时，”摩陀伐佩迪解释道，“哪怕极低速的隐蔽通道对攻击者都是有用的，因为他们什么都不用做，只要等着机器运行数小时甚至数天来泄露重要信息就行，而且不会被人发现。”

当然，阻止这种攻击的方法也非常简单：使隔离网闸式计算机远离任何联网机，或者在机器之间插入隔离板。既然在现实世界中“比特私语”需要各种条件配合才能作案，那么抓到一个泄密者应该没那么难。

推特会泄露用户经济状况

撰文 | 雷切尔·努维尔（Rachel Nuwer）
翻译 | 李玲玲

一项针对超过**1,000**万条推特消息的分析表明，用户会在不知不觉中暴露自己的社会经济地位，这是机器学习模型带给现代人的挑战之一。

和性一样，金钱也是大多数人避免在公众场合谈论的话题。但我们却经常留下会暴露我们经济地位的数字痕迹——即使是在字符数限制在140以内的推特消息中。

一项针对5,000多位推特用户发表的大约1,080万条推文的分析显示，这些简练的信息足以揭示用户所处的收入阶层。美国宾夕法尼亚大学研究自然语言处理的博士后研究员丹尼尔·普雷奥蒂乌克-彼得罗（Daniel Preoţiuc-Pietro）和同事，根据用户自定义的职业，将90%的上述样本归类到相应的收入组里。

接着，他们用一个能从数据中学习并能基于数据进行预测的机器学习模型识别出每个收入组的独有特征。然后，他们用这个机智的模型对剩下的10%的样本进行测试，结果，模型成功预测出了这部分用户的经济状况。



正如研究人员2015年秋天在《公共科学图书馆·综合》（*PLOS ONE*）杂志上所描述的，高收入者倾向于谈论商业、政治和非营利工作。低收入者的话题大多局限在个人方面，比如美容秘诀和个人经历。普雷奥蒂乌克-彼得罗说：“高收入者将推特作为传播信息的工具，而低收入者更多地将其用于社交。”这项分析还揭示，挣钱越多的人更易表露出恐惧或愤怒。

在之前的机器学习研究中，普雷奥蒂乌克-彼得罗和同事已经预测出了推特用户的性别、年龄和政治倾向。他们甚至能发现用户患上产后抑郁和创伤后应激障碍的一些迹象。

接下来，研究团队还将继续优化模型，不过，普雷奥蒂乌克-彼得罗说：“机器学习的威力归根结底源于获得的数据，人们应该注意自己是否在不经意中透露了私人信息。”

消除GPS盲区

撰文 | 科琳娜·约齐欧（Corinne Iozzio）
翻译 | 张哲

经常使用**GPS**（全球定位系统）的人都知道，这个系统存在盲区。最近澳大利亚**Locata**公司研发了一种地面系统，产生的信号能与**GPS**网络无缝融合，从而解决了盲区问题。

如果你置身于商场、机场或者城市的摩天大楼间，并试图搞清楚自己的位置，那么一定经历过GPS盲区。事实上，这个全球定位网络中到处都有盲区：建筑物、信号屏蔽器甚至地形本身都会阻断GPS卫星与接收器（可以是智能手机或其他电子设备）之间的信号通道。苹果公司的iBeacon和其他技术曾试图使用一些传感器，通过Wi-Fi或蓝牙来确定室内位置，以填补这些盲区。

不过澳大利亚Locata公司率先研发了一种地面系统，产生的信号能与GPS网络无缝融合，而且定位精确到令人难以置信的程度。

为了确定位置，传统的GPS需要测定信号从位于中地球轨道上的中继卫星到达接收器的时间。3个来自不同卫星的读数可以通过三角定位来确定一个二维（经度和纬度）的距离；如果有第4个信号就能确定在三维空间的位置（加上海拔高度）。每颗卫星都携带了4个原子钟，每天依据位于美国科罗拉多斯普林斯市的母钟校对2次。因此盲区问题很容易出现——一旦用户离开卫星视线，就收不到信号了。

Locata公司的系统通过安置一个可在地面传输信号的、独立的收发器网络，解决了GPS盲区问题。2015年，美国海军天文台负责维护GPS母钟的部门进行了测试，结果表明Locata的信号网络可在200皮秒（1皮秒＝10^{-12}秒）内完成同步，比GPS快50多倍。并且，这些信号可以穿墙，这点GPS可做不到。“我们可与Wi-Fi热点媲美。”Locata公司联合创始人兼CEO（首席执行官）农西奥·甘巴莱（Nunzio Gambale）说。在过去近20年间，他一直在设计这套系统。



Locata的定位系统覆盖了白沙导弹靶场（见图中的发射天线）。

这套系统走进寻常百姓家可能还要再等10年，不过迄今为止，它已经在一些商业合作中取得了成功，包括最近与美国国家航空航天局（NASA）兰利研究中心达成了一项协议，用该技术辅助无人航天器安全系统的测试。Locata公司的网络还被美国公路安全保险协会用于评价机动车防碰撞系统的效果，以及在新墨西哥州的白沙导弹靶场检测美国空军飞机的位置，为了模拟作战环境，目前那里的GPS信号被屏蔽了。

甘巴莱说，最理想的情况是，Locata的收发器与手机信号基站整合在一起，这样可以给日常用户带来精确至厘米的定位。接收器最终会小到可以嵌入智能手机等数千种其他的连接设备中，比如手表、狗牌和自动驾驶汽车。他说，下一代系统需要很多同步，而来势汹汹的物联网会大幅增加同步的难度。

为什么有的番茄更美味？

撰文 | 费里斯·贾布尔（Ferris Jabr）
翻译 | 朱机

为什么超市里的番茄红得透亮却不甜？是因为含糖量低吗？研究人员发现，含糖量低只是番茄不甜的原因之一。挥发性物质，也就是在果实被切开或咬开时会飘进我们鼻腔的化学物质，同样会影响番茄的风味。

红得透亮、结实饱满、光滑无斑，但是没有老式番茄香，这就是美国超市里的典型番茄。至少从20世纪70年代起，美国的消费者就吐槽水果虽漂亮却无味，农民种蔬果追求的不再是好吃，而是高产和经得住运输。近来，有机农业生产者和美食家开始捍卫老式番茄的优质风味，也就是那些形状、大小、颜色各异的传统品种。在2012年6月发表于《当代生物学》（*Current Biology*）杂志上的一篇论文中，研究人员详细分析了典型番茄和100多种老式番茄的化合物组成，并召集170名自愿者做了一项味觉测试。他们的新发现证实了科学家们近年来开始认识到的一点——番茄的风味不仅取决于果实内糖和酸的比例，也有赖于微量的芳香化合物，现代超市里的番茄缺乏的正是这些芳香化合物。



佛罗里达大学的哈利·克莱（Harry Klee）研究番茄的风味已有10年时间了。他说，超市番茄之所以有这样的缺陷，是因为农民希望植株结的果实越多越好。单株番茄上结的果实越多，每个番茄里的含糖量就越少。然而，在发现番茄风味不只取决于糖分之后，克莱和同事们在3年前开始了一项新的研究课题：分析决定番茄风味的复合化合物。是否可以在不影响产量的同时增强番茄风味？克莱认为，他的发现为这一问题提供了新的方法。



克莱团队在佛罗里达大学的试验田和暖房里种植了152种不同的老式番茄，又从当地超市购买了一般的番茄。他们把切好的番茄片拿给自愿者试吃，自愿者在仔细咀嚼和品味之后，按口感和甜、酸、苦的程度以及整体风味一一打分，同时还要给出整体印象分，并表达爱吃的程度。正如所预测的，自愿者们都觉得糖分较多的番茄要比不那么甜的番茄更有味道，但含糖量并不能完全解释大家的偏好。挥发性物质，也就是在果实被切开或咬开时会飘进我们鼻腔的化学物质，同样影响番茄的风味。

根据克莱的分析，番茄中含量最高的挥发性物质——C6挥发物——几乎不怎么影响人们对番茄风味的感觉，反而是另一种叫作香叶醛的化合物，虽然含量没有那么高，却对番茄风味有很大影响。克莱得出结论说，香叶醛会以某种方式增进番茄的整体风味，也许是增强番茄的芳香味。与老式番茄相比，超市番茄含有的香叶醛以及其他挥发性物质较少。“超市番茄就像淡啤酒，”克莱说，“虽然该有的化合物都有，但含量

都低。”

如果通过培育或基因改造能让番茄富含受试者喜欢的挥发性物质，那么科学家就可以生产出既不增加含糖量又特别香甜可口的番茄品种。

爆米花中的物理知识

撰文 | 雷切尔·努维尔（Rachel Nuwer）
翻译 | 李春艳

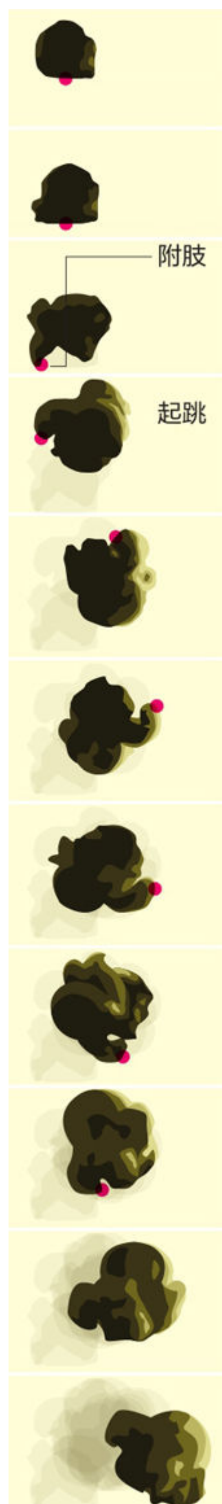
爆米花是怎样做成的？一般认为，是高温高压导致气体冲破玉米表皮形成的。如今，高速摄像机为我们揭示了一些鲜为人知的细节。

美国人平均每年吃掉的爆米花总量在187亿升以上，不过，很多人都不知道，在这看似普通的零食中，还包含着生物力学的知识。人们如今所了解的与爆米花相关的小知识（如96%的玉米粒在180℃的温度下爆开），大多源于商业研究，因此，为深入探究爆米花爆开的热力学特性及声学特性，来自法国的一位物理学家和一位航空工程师，决定亲自探索其中的奥秘。

坚硬的玉米究竟是如何变成口感松软的美食的？步骤其实非常简单。高温促使玉米中糊化淀粉内的水分沸腾，气体压强不断增大，最终水蒸气冲破玉米薄膜，形成爆米花。不过，在高速摄像机的帮助下，研究团队又有了新的发现：玉米内的淀粉受热后首先会形成一个腿状“附肢”（下页图）。两位科学家在《英国皇家学会界面期刊》（*Journal of the Royal Society Interface*）中对此进行了如下描述：“附肢”接触锅底后，会如弹簧般先收缩再释放，使玉米弹至空中并旋转180°。论文作者之一、巴黎综合理工学院的航空工程师伊曼纽尔·维罗（Emmanuel Virot）指出：“这与人类的前空翻极为相似，就像人先将肌肉绷紧，之后再完全放松。”

此外，研究人员还利用超灵敏拾音器，对这一看电影必备零食的制作过程进行了监测，最终发现，爆米花爆开时发出的“砰”声，通常是在玉米裂开100毫秒（1毫秒 = 10^{-3}秒）之后响起。因此，他们猜测“砰”声的响起，或许并不是因为玉米的爆开，而是源于玉米内部受热的水蒸气冲破了淀粉层的束缚。看来，这些美味的爆米花还有助于学生理解深奥难懂的物理知识。正如论文的另一位作者，法国国家农业研究所的物理学家亚历山大·波诺马连科（Alexandre Ponomarenko）所说：“这一研究的真正目的在于，让物理教师在课堂上以更加有趣的方式讲解这些物

理概念。”





咖啡为什么会洒出杯子？

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | 冯泽君

当人们端着咖啡杯行走的时候，为什么有时候咖啡会洒出来，有时候不会？这看似是一个小问题，其中却涉及流体力学、液体表面稳定性、液体与容器相互作用等很多基础科学原理，把它当成一个课题来研究一点儿也不过分。

鲁斯兰·克雷奇特尼科夫（Rouslan Krechetnikov）是美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的流体力学专家，在一个数学会议上，同事小心翼翼地端咖啡的样子让他不禁想到，为什么有时候咖啡会洒出来，有时又不会呢？于是一个新的研究项目诞生了。

尽管这看起来只是一个小问题，其中却涉及很多基础科学原理，包括流体力学、液体表面稳定性、液体与容器相互作用，还有行走过程涉及的复杂生物学。

流体力学

指研究流体（气体和液体）的运动规律和平衡规律，以及流体与相接触的物体相互作用的物理分支学科，可按照研究对象的运动方式分为流体静力学和流体动力学，还可按照应用范围分为水力学、空气动力学等。

他和一名研究生观察人们端着咖啡杯行走的高速录像，分析步行速度等因素对于杯内咖啡的影响。通过逐帧分析，他们发现，在人们步速稳定后，行走本身会导致咖啡杯大幅度、有规律地振动，而每踏一步所产生的起伏以及其他因素（如地面不平或分神等），还会导致杯子小幅度、不规律地振动。

咖啡是否溢出在很大程度上取决于饮料的自然振动频率，即它最易产生的振动频率，就像每个钟摆的振动频率都取决于它的摆长和重力加速度一样。当咖啡杯的大幅度、有规律振动与咖啡的自然振动频率接近时，就会产生共振，就像在恰当的位置推秋千，会使秋千越摆越高，这

时咖啡溢出的概率就会大大增加。另外，咖啡杯小幅度、不规律的振动也有可能“放大”咖啡的运动幅度。

揭示咖啡振动和人体运动的关系，有助于我们找到防止液体溢出的方法。“比如设计一种柔韧的容器来缓冲振动。”克雷奇特尼科夫说。此外，在容器内壁的底部和顶部安装一系列圆环也有助于消除液体振动。



咖啡机里的数学难题

撰文 | 韦特·吉布斯（W. Wayt Gibbs）　内森·米尔沃尔德（Nathan Myhrvold）
翻译 | 徐海燕

当你优雅地品尝一杯充满泡沫的咖啡时，是否注意过那些泡泡的排列规律？比利时物理学家普拉托曾经用三条规则描述过泡泡的排列模式。在泡沫食物中，不遵循普拉托规则的气泡会很快破裂，不信你可以检验一下。

如果你的早晨从一杯满是泡沫的卡布其诺咖啡开始，晚上以一杯醉人的啤酒结束，那么你这一天的始末都有最富科学趣味的食物——可食性泡沫。这些环环相扣的泡泡，不仅蕴藏着深奥的数学难题，也成为近年来饮食业内最富创新的领域。

西班牙加泰罗尼亚著名餐厅埃尔布利的顶级名厨费兰·阿德里亚（Ferran　Adrià），从20世纪90年代中期开始试验可食性泡沫，为食客提供全新的饮食体验。阿德里亚使用的起泡物质不是传统的鸡蛋或奶油，而是明胶和卵磷脂之类的东西。他使用的打泡器类似于罐装的Reddi-wip（美国常见的一种罐装奶油，以压缩气体作为动力，可喷出发泡的奶油），但更结实，由一氧化二氮压缩气体提供动力。用以制造泡沫的原料花样繁多，有鳕鱼、鹅肝、蘑菇，还有土豆。他掀起了一场泡沫革命，包括英国布雷的赫斯顿·布卢门撒尔（Heston Blumenthal）、美国纽约的怀利·迪弗雷纳（Wylie　Dufresne）、芝加哥的格兰特·阿卡兹（Grant　Achatz）在内的大厨们，都开始把各种美食打成泡沫。

这些菜式上笼罩的神秘光环并非仅仅来自新奇的质地。泡沫看似杂乱无章，但那些泡泡好像无一例外地进行了自组织，遵守着三条普适规则。这些规则是由比利时物理学家约瑟夫·普拉托（Joseph　Plateau）于1873年首先注意到的，它们容易描述，却难以解释。第一条规则是，相邻气泡构成的每条边都有三片膜相交，不会是两片，也绝不是四片——永远是三片。第二条规则是，每对相交的膜稳定后，都构成恰好120°夹角。最后一条规则是，每一个交点永远是恰好四条边相交，而边的夹角

永远是 - 1/3的反余弦——大约109.5°。



直到一个世纪后的1976年，美国罗格斯大学的数学家琼·泰勒（Jean Taylor）才证明，至少在两个气泡的情况下，普拉托规则的产生原因是表面张力，它们会迫使气泡采取最稳定的构型。至于三个甚至更多个气泡构成泡沫的情况，数学家仍在努力解决。另外，当气泡充满容器内部时排列成什么形状才能获得最小表面积（即能量最低），也还是未解之谜。1887年，开尔文爵士（Lord Kelvin）提出，答案是蜂巢状排

列的十四面体，每个气泡都具有六个方形和八个六边形表面。但在1994年，爱尔兰都柏林三一学院的物理学家丹尼斯·维埃尔（Dennis Weaire）和罗伯特·费伦（Robert Phelan）发表论文，提出了更好但未必是最优的解答：泡沫由两种气泡组成，一种是全部由五边形构成的十二面体，另一种是由两个六边形和十个五边形构成的十二面体。

在泡沫食物中，不遵循普拉托规则的气泡会很快破裂。太小的气泡也有类似的命运：它们的表面张力会导致气泡的内部压力增大，超过破裂点。这是液态泡沫放置越久就变得越糙的原因之一，所以喝卡布其诺咖啡还是要趁新鲜。

冰箱的噪声从哪儿来？

撰文 | 安伯·威廉斯（Amber Williams）
翻译 | 蒋泱帅

许多人对家中冰箱的噪声感到烦躁，这些讨厌的声音到底是由什么引起的？研究人员通过单独运行其中的某个部件发现，噪声竟然源于加热板的振动。

“嗡嗡嗡”“格楞楞”，冰箱发出的尖锐噪声实在让人抓狂。2006年，韩国工程师发表的一项研究表明，超过半数的人对家中冰箱的噪声感到烦躁。尤其是无霜冰箱，每当它的压缩机加快运转时，就会发出独特的、令人烦躁的爆裂声，充斥整个房间。由于不确定这种声音到底是由什么引起的，土耳其MEF大学和伊斯坦布尔理工大学的机械工程师展开了一项研究，试图找到这些噪声的来源。



首先，研究人员制造了一台简装冰箱用于测试。这台冰箱仅包含了压缩机、风扇、加热器、蒸发器和冷凝管这些基本部件。利用绑在各个部件上的振动传感器和传声器，该团队单独运行其中的某个部件，或者以不同的组合方式运转某几个部件。研究人员发现在除霜阶段，冰箱的加热器开始工作时，出现此类爆裂声的频率最高，音量也最大。而无霜冰箱正是通过不断加热和冷却的循环运转，来防止冰霜堆积的。该团队已将研究结果发表在了2015年3月的《应用声学》（*Applied Acoustics*）杂志上。

更具体地说，温度的急剧变化会造成加热板中相互接触的金属和其他材料收缩、膨胀，噪声在此阶段最有可能出现。美国Acentech公司（一家声学咨询公司）噪声与振动小组负责人戴维·鲍恩（David Bowen）介绍说，这是“黏滑振荡”现象。造成噪声的罪魁祸首是摩擦力——由于静摩擦而相互“黏合”的部分突然“滑开”，造成加热板振动而发出声音。

论文作者表示，有办法可以降低此类噪声，比如降低加热速率。无霜冰箱的噪声能通过质检，是因为难以对这些噪声进行定量定性的检测。“但那响声真令我烦躁啊！”鲍恩说。

跳高和物理学

撰文 | 罗斯·埃弗利思（Rose Eveleth）
翻译 | 梅林

为什么大多数跳高运动员都喜欢采用背越式姿势？利用中学物理中的一个公式就能解释。

在观看奥运会跳高比赛时，你不妨想想这个公式：$u^2 = 2gh$。在这个公式中，u代表跳高运动员的速度（这需要消耗能量），g代表重力加速度，h代表重心的高度。这个公式可以解释为什么大部分跳高运动员都会采用背越式姿势。英国剑桥大学的数学家约翰·巴罗（John Barrow）在他的新书《体育数学：科学家对运动中100个有趣现象的解释》（*Mathletics: A Scientist Explains 100 Amazing Things about the World of Sports*）中写到，背越式跳高可以使跳高运动员的重心更低，而重心低意味着运动员成功翻越横杆时所需的能量更少。而且，更为神奇的是，跳高运动员在翻越横杆时，甚至可以让自己的重心保持在比横杆还低的水平。



现在，你可能会问，为什么许多跳高运动员都喜欢背向横杆起跳？这很容易理解：当你背朝着横杆时，手或脚不小心碰掉横杆的概率会小很多。

话题三
一半是魔法，一半是光学



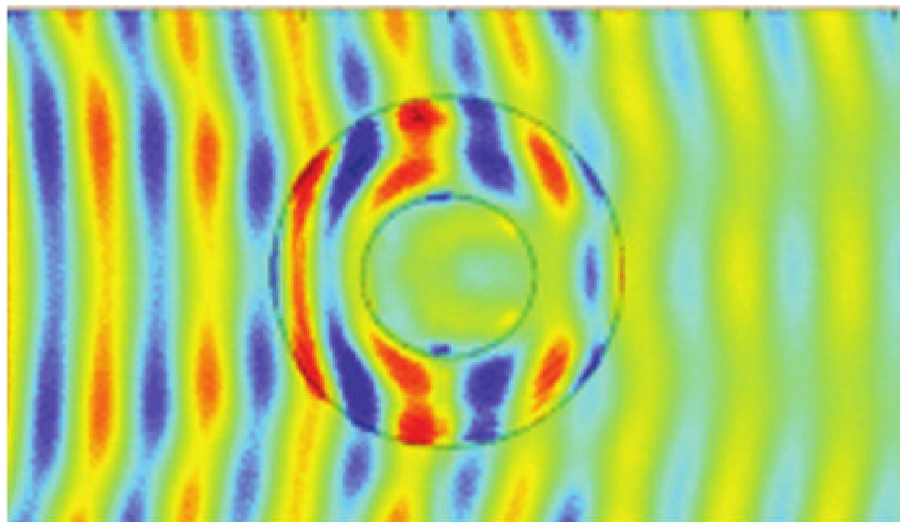
在《哈利·波特与魔法石》中，哈利·波特（**Harry Potter**）从父亲那里继承了一件隐身斗篷，穿上后就能够神奇地隐身，可以神不知鬼不觉地在魔法学校里走来走去。在科学家眼里，哈利·波特的隐身斗篷是一个现实的光学问题，完美隐身可以通过改变光线路径，使光线在平面介质中弯曲来实现。更神奇的是，科学家还能利用时间透镜让光线突然消失，通过创造“时间裂隙”达到隐身的目的。

“隐身斗篷”即将问世

撰文 | 明克尔（JR Minkel）
翻译 | 张博

“隐身斗篷”由包裹在玻璃纤维内的金属和线缆组成，可使光线以古怪的方式传播。研究人员说，实际制作并且运用这项技术比预期要容易些，但近期不要期待哈利·波特的“隐身斗篷”会成功面世。

在研究人员提出“隐身斗篷”的可行性技术构想仅仅几个月后，他们就展示了这种斗篷的雏形。这件“隐身斗篷”由包裹在玻璃纤维内的金属和线缆组成，可使光线以古怪的方式传播。美国杜克大学的戴维·舒里希（David Schurig）、戴维·史密斯（David Smith）及其同事共同设计了这种所谓“超材料”中的同心环部件，让微波辐射沿最内圈弯曲，就像水绕开石块继续流动一样。与通常情况相比，这种新型圆环吸收或反射的微波更少。舒里希在2006年11月10日的《科学》（*Science*）杂志上评价他们的原型验证方案时说：“我们已经减少了物体产生的反光和影子，彻底消灭反光和影子正是‘隐身斗篷’必须具备的重要特点。”研究人员说，实际制作并且运用这项技术比预期要容易一些，但近期不要期待哈利·波特的“隐身斗篷”会成功面世。



隐身：圆环形的斗篷材料吸收了直射的微波（蓝色），只反射出暗弱的光线（红色），并使产生的投影最少。



超材料

是21世纪物理学领域出现的一个新的学术词汇，指一类具有天然材料所不具备的超常物理性质的人造材料。超材料在成分上没有特别之处，它们的奇特性质源于其精密的几何结构和尺寸大小。

简易型“隐身斗篷”

撰文 | 约翰·马特森（John Matson）
翻译 | 王栋

科学家们研制出了一种新型的隐身器件，这种器件的基础结构是两层金膜。当两层金膜叠放在一起时，它们之间就能形成一个被称为“锥面波导”的不可见区域。不过，这项技术只能隐藏一片二维区域，而不能隐藏一块三维区域。

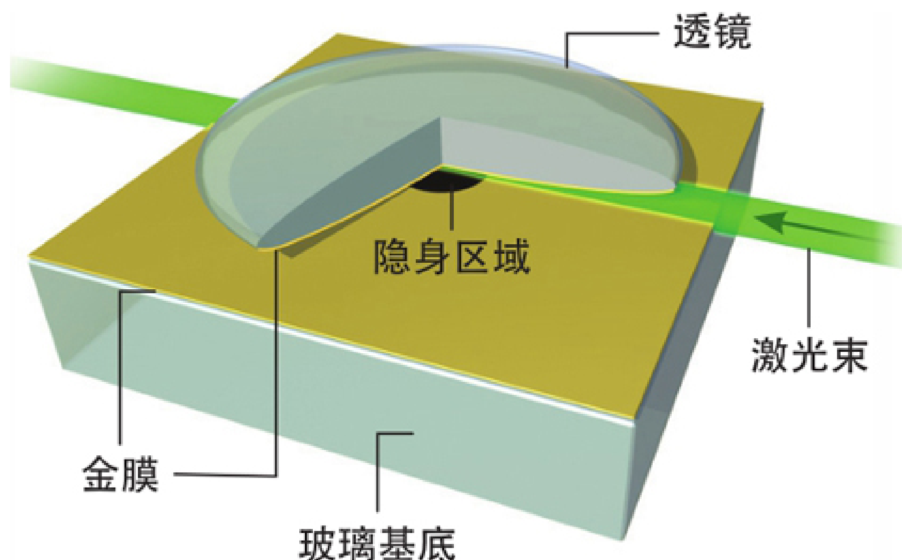
近年来，光学研究人员提出了许多“隐身斗篷”的概念，也就是通过有效弯曲物体周围的光线来使该物体隐身。大部分隐身方法依赖于一种被称为“超材料”的物质，其结构经过精心设计，具有异乎寻常的光学性质（参见《环球科学》2006年第8期《超透镜颠覆光学常识》一文）。不过，一种简单得多的隐身器件，可以完全不需要这种所谓的“超材料”。

美国华盛顿特区BAE系统公司、陶森大学及普渡大学的研究人员已经研制出了一种新型的隐身器件。这种器件的基础结构是两层金膜，一层覆盖在一块弯曲透镜的表面，另一层覆盖在一片平板玻璃的表面。当两层金膜叠放在一起时，它们之间就能形成一个被称为“锥面波导”的不可见区域。这种方法的窍门在于材料的折射率具有一定的梯度，因此，如果从平行于镜片组的方向入射进来，光线所经的路径就会弯曲，绕过中心区域——用这项研究的合作者、普渡大学电气及计算机工程教授弗拉基米尔·沙拉耶夫（Vladimir M. Shalaev）的话来说，这“就像水流绕过了一块石头”。



2007年，一个研究组曾经借助“超材料”设计出了可见光波段的“隐身斗篷”，当时沙拉耶夫正是那个研究组的成员。但是，那件“斗篷”只对预先设定的特定波长的光线有效，而且只能隐藏一块极小的区域。相比之下，波导隐身器件能够在多个波长的可见光下使用，能隐身的区域也大得多。谈及制作“隐身斗篷”时，沙拉耶夫说：“从一开始，我们就意识

到这是一个巨大的挑战。不是说完全不可能，而是真的、真的太难了。”



隐身器件可以由覆上金膜的透镜和玻璃片制成。沿着器件侧面边缘照进来的激光束被弯曲，绕过中心点，从而使得中心区域实际上处于不可见的“隐身”状态。

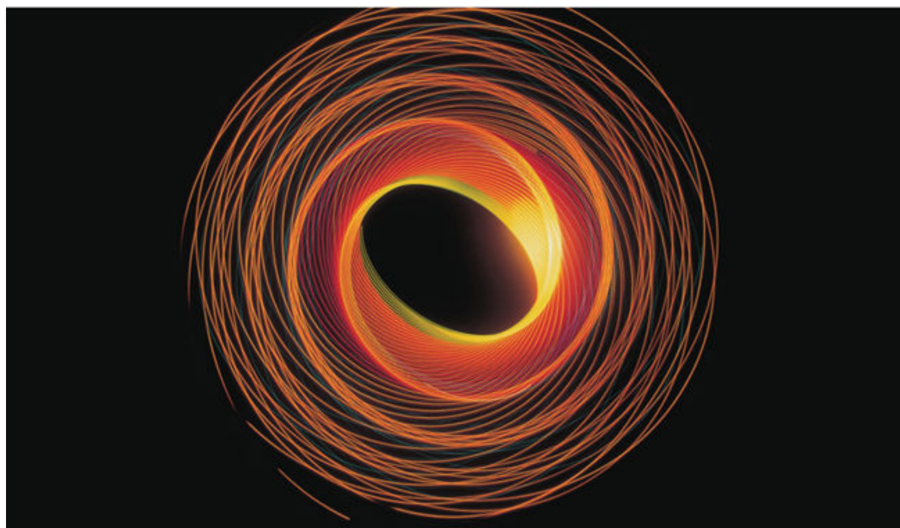
英国伦敦帝国学院的物理学家约翰·彭德里（John Pendry）评论说，锥面波导隐身法是一个“非常聪明的主意”。苏格兰圣安德鲁斯大学的物理学家乌尔夫·莱昂哈特（Ulf Leonhardt）也同意这一观点，他把2009年5月29日发表在《物理评论快报》（*Physical Review Letters*）上的相关论文称为“一项天才的工作、一个简便而绝妙的构想”。不过，这两位科学家都指出，这项技术只能隐藏一片二维区域，而不是一块三维区域。“大概你想隐藏的东西也不太可能被压进一个二维平面。”彭德里如此评论。尽管如此，这项研究成果仍会在光学通信领域中大有作为。

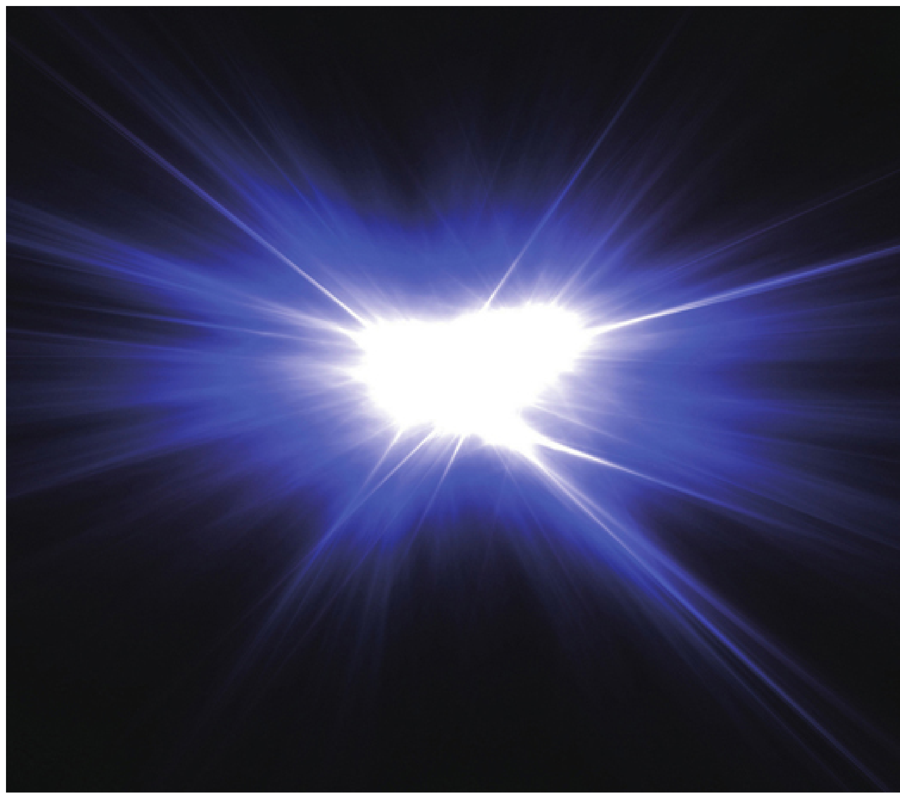
创造“时间裂隙”

撰文 | 约翰·马特森（John Matson）
翻译 | 王栋

有一种被称为“时间透镜”的设备能让一部分激光束加速，另一部分减速，这样就会出现瞬间无激光束的情况。只要在光束到达探测器之前恢复原来的样子，就能使发生于“时间裂隙”中的事件逃避探测器的探测。

数年来，物理学家一直都在改进所谓的“隐身斗篷”——一种能巧妙地让光线绕过特定区域，有效隐藏该区域中任何物体的物理装置。现在，美国康奈尔大学的研究人员已经制作出第一个“时间斗篷”，这种装置能在某一特定时刻隐藏物体或事件。





在一次初步演示实验中，康奈尔大学的博士后研究员莫蒂·弗里德曼（Moti Fridman）和同事让一束激光穿过一台实验设备后，射入一个探测器。如果这束激光的路径上有一个物体，甚或另一束激光，通常都会产生扰动，并被探测器记录下来。然而，在一些巧妙设置的光学系统的帮助下，弗里德曼及其合作者能在激光束中短暂地开启一个“时间裂隙”，使光束如同不曾受到影响一样，探测器也就无法记录到任何干扰。在这个裂隙里，任何本应对激光束造成影响的东西（如一件物体）都能躲过去，不留下任何能被探测器捕捉到的痕迹。

研究人员能使用这个“斗篷”来隐藏一个光脉冲。通常情况下，光脉冲会同激光束发生相互作用，在特定波长处产生一个尖峰，以表明它的存在。而当这个事件被隐藏后，标志性的尖峰就几乎探测不到了。

在2012年1月5日的《自然》（*Nature*）杂志上，康奈尔大学的科学家发表了这项研究，他们在论文里介绍道：这种“斗篷”的理论基础是光的一种性质，即在某种介质中，不同颜色的光线的传播速度不同。利用一种被他们称为“时间透镜”的设备，研究人员先将单色激光束分离成一系列波长不同的光，然后将它们中的一半减速，同时使另一半加速，这

样就制造出一个很短暂的“时间裂隙”。只要在光束到达探测器之前，通过反转之前的透镜分离过程，将光线恢复成受干扰前的单一波长，就能让“裂隙”再次闭合。

这个由弗里德曼和同事制造的“时间裂隙”极其短暂——只有50皮秒。研究人员指出，将这个尺度增大一些是有可能的，但散射和扩散效应会将“时间斗篷”的尺度限制在几个纳秒（1纳秒 = 10^{-9}秒）的范围内。

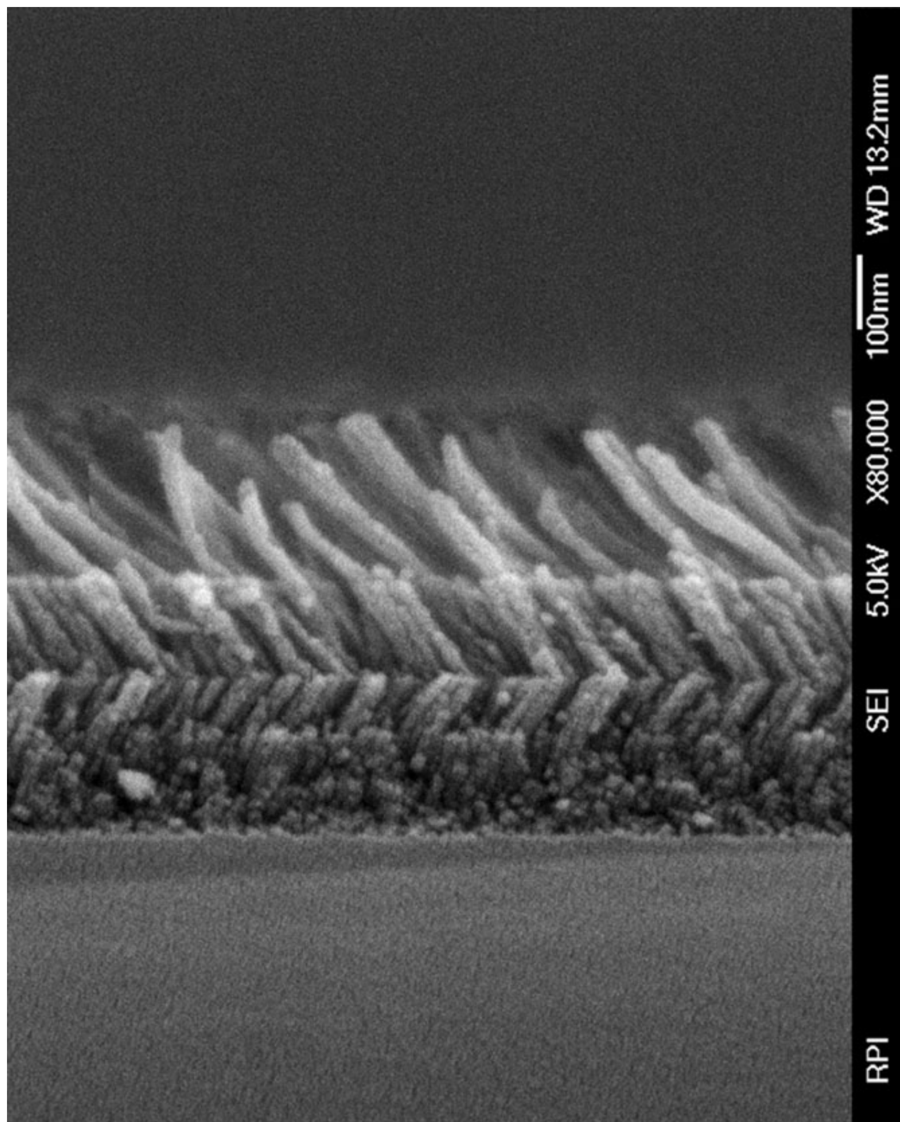
不反光的表面涂层

撰文 | 明克尔（JR Minkel）
翻译 | 刘旸

美国科学家将**5**层纳米棒堆叠在一起，每一层都具有不同的折射率（从最底层的**2.03**到顶层的**1.05**），从而将纳米棒涂层的反射率降为**0.1**%。这种涂层可以应用在发光二极管和太阳能电池上，有助于提高这些设备的功效。

利用一种折射率与空气非常接近的材料，研究人员发明了一种几乎不反射光线的涂层。材料的折射率反映了光穿过这种介质时的速度，从而决定了光路通过这种材料时发生的扭曲程度，也决定了反射光线的强弱。这种新材料由一种透明的半导体晶片构成，上面覆盖了无数倾斜的纳米棒。研究人员将5层纳米棒堆叠在一起，越下层的纳米棒越疏松，这样就可以逐层改变涂层的折射率，使之从最底层的2.03（与半导体晶片相近）降为顶层的1.05（与空气相似，空气的折射率为1.0）。美国伦斯勒理工学院的弗雷德·舒伯特（E. Fred Schubert）和他的小组在2007年3月的《自然·光子学》（*Nature Photonics*）杂志中指出，这种涂层的反射率可以低到0.1%。这种涂层可以应用在发光二极管（LED）和太阳能电池上，有助于提高这些设备的功效。





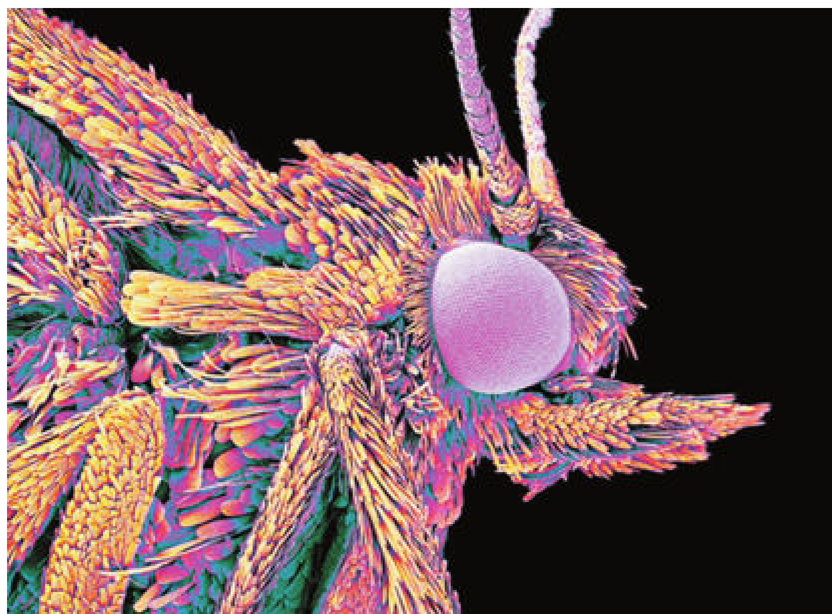
成层排布的纳米棒，每一层都具有不同的折射率，可以在一定的波长范围内消除反光。

手机屏幕将不再反光

撰文 | 摩根·佩克（Morgen Peck）
翻译 | 张哲

飞蛾的眼睛上布满了同样大小的微小突起，这些突起可以逐步弯曲（或折射）入射光线。入射光和折射光互相抵消。科学家从飞蛾的眼睛得到启发，设计出了不会反光的智能手机屏幕涂层。

夏夜，飞蛾拍打着翅膀轻轻飞舞。尽管沐浴在月光下，但它们的眼睛并不会反光——很快，采用同样原理的手机屏幕，就能帮助人们在耀眼的阳光下看清屏幕内容了。为电子显示屏研发低反射率表面，是个热门的研究领域。所谓的透反式液晶显示屏可以根据背光和环境照明来降低反光。另一种称作自适应亮度控制的方法，使用传感器来增加屏幕亮度。但是这两种技术耗电量都很大，而且都不是完全有效。美国中佛罗里达大学的吴诗聪（Shin-Tson Wu）认为，模拟飞蛾眼睛是一种更巧妙的解决方法，他最近在《光学》（*Optics*）杂志发表论文，描述了这项受飞蛾启发的显示屏涂层技术。



当光线从一种介质进入另一种介质时，由于两种介质折射率不同，光线会发生折射，传播速率会发生变化。如果折射率相差很大，比如当在空气中穿行的光线突然撞上一块玻璃时，大部分光线会发生反射。但是，飞蛾的眼睛上布满了同样大小的微小突起，这些突起可以逐步弯曲（或折射）入射光线。入射光和折射光彼此干涉，互相抵消，最终使得飞蛾的眼睛维持深色。

吴诗聪与台湾大学的同事制作了一种很像飞蛾眼睛表面的二氧化硅模具，用这种模具在柔性层上制作了一层布满微凹小坑的坚硬涂层。尽管这些小坑是向内凹而不是像飞蛾眼睛表面那样向外凸的，但它们同样也能防止反光。在测试中，该材料能将反射率降低至1%以下。

英国南安普敦大学研究半导体设备制造的斯图尔特·博登（Stuart Boden，未参与这项新研究）评论说："推广这种方法的最大困难是成本过高。"吴诗聪希望能找到一个商业合作伙伴，以进一步推广这项技术。

“光学镊子”夹起纳米颗粒

撰文 | 雷切尔·努维尔（Rachel Nuwer）
翻译 | 郭凯声

激光束可以拈起并摆弄小如病毒的东西。

光能以微弱的力作用于物质之上。20世纪80年代，美国电报电话公司贝尔实验室（即现在的贝尔实验室）的研究人员利用这种力，打造出了“光学镊子”，通过聚焦激光束来摆弄微米（1微米 = 10^{-6}米）级大小的东西。然而，30年过去了，尽管科学家在这个领域也取得了某些进展，但由于衍射定律限制了光的聚焦程度，因此，对小于100纳米（1纳米 = 10^{-9}米）的物体，“光学镊子”基本上就无能为力了。

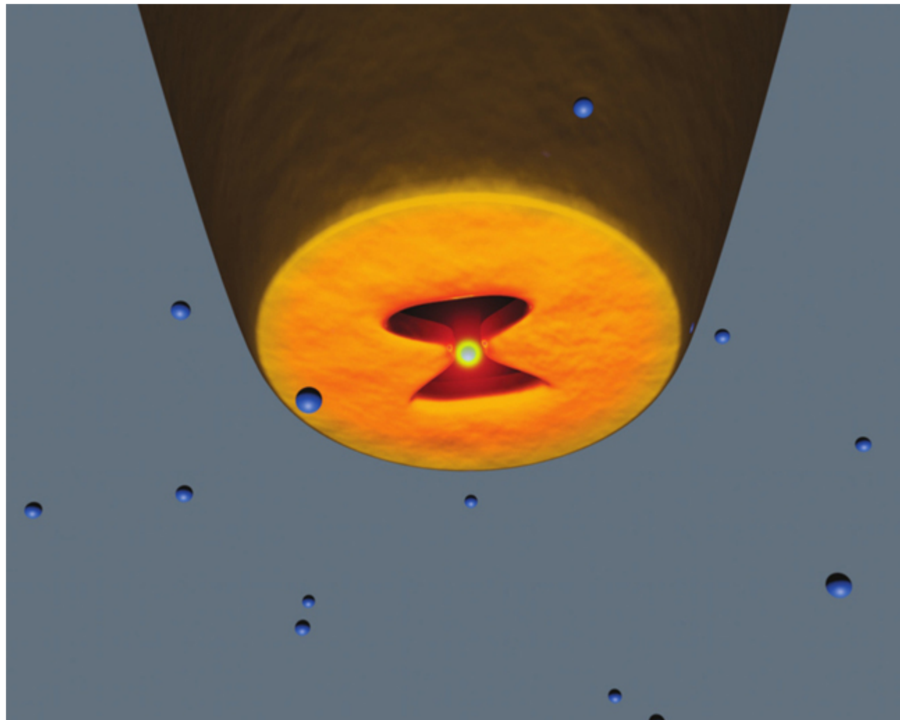
然而，发表在《自然·纳米技术》（*Nature Nanotechnology*）杂志上的一项研究揭示，其实衍射定律也是有漏洞可以钻的。

虽然传播型的光波会发生衍射，但在纳米尺度上，黄金之类的贵金属会把光转化为倏逝场（即在瞬间消逝的一类非传播波）。

西班牙光子科学研究所的物理学家将这一原理应用于镀金光缆后，可将光聚焦于更为精细的尺度，并能用来摆弄小到50纳米的微粒。

在此之前，研究人员需要让这种大小的微粒黏附到较大的微粒上，才能对其进行操作，这样的方法无疑很不方便。现在，借助新工具，物理学家可以直接拈起微粒，让其在三维方向上自由移动。

“我们的研究成果对各个领域的科学家都有用，不仅仅是物理学家。”光子学研究人员罗曼·基当特（Romain Quidant）说。新的“光学镊子”的潜在用途包括：制造精度达到纳米级的医疗产品，为电子器件制造特定形状的纳米晶体，以及操纵蛋白质之类的单个分子。



能聚光的平面透镜

撰文 | 普拉奇·帕特尔（Prachi Patel）
翻译 | 丁家琦

我们印象中的透镜都是弯曲的，但最近研究人员制造出了一种扁平的透镜雏形，通过精确排布的密集硅“脊”让入射波弯曲到特定方向，从而实现聚焦。未来平面透镜或可成为制作相机的材料。

一直以来，我们印象中的透镜表面都是弯曲的。而透镜的英文“lens”的来源，正是有着弯曲形状的小扁豆“lentil”。然而，未来的相机很有可能会采用平面透镜来聚光——物理学家已经可以用完全没有凹凸的平面透镜，使光线发生散射和折射。

我们都梦想有朝一日可以把智能手机塞进钱包，为了实现这一目标，研究人员已经在实验室研制出了可弯曲的电路、电池和显示器。不过，厚度仅为毫米级的摄像镜头至今还是未能攻克的难题，尤其是为了防止镜头的像差影响图片质量，还需要用额外的透镜来矫正它，把它做薄就更困难了。2012年，研究人员首次取得了突破，哈佛大学物理学家费德里科·卡帕索（Federico Capasso）和同事制造出了一种扁平、超薄的透镜雏形。虽然没有曲率，但这种薄片可以通过精确排布的密集硅“脊”让入射波弯曲到特定方向，并实现聚焦。然而，这种透镜只适用于一种颜色的光，性能也不够好。

2015年2月，他们发表在《科学》上的一项最新研究，让这种透镜从概念向现实又迈近了一步——它能完美地聚焦红光、绿光和蓝光，把这三种颜色的光组合起来就能产生多种颜色的图像。研究团队制造了一个更大的样镜，卡帕索说：“它产生的效果与预测的完全相符。”采用这种平面透镜，可以减小摄像机、显微镜和天文望远镜等设备的体积，并降低成本，将来或许还能将这种平面透镜打印在柔性塑料上，用于制造超薄、可弯曲的设备。科学家已经在跟谷歌和其他公司商谈合作。谷歌的首席光学设计师伯纳德·克雷斯（Bernard Kress）说，这种薄透镜可用于制作紧凑、超轻的新型显示器和成像系统。不过问题在于，当一面透镜不再有着类似于小扁豆的形状，它还能被称作透镜吗？

像差

指光学系统中，由透镜材料的特性、折射或反射表面的几何形状引起实际像与理想像的偏差，包括球差、像散、畸变、色差等。

硬币上的显微镜

撰文｜明克尔（JR Minkel）
翻译｜刘旸

你见过不需要透镜的显微镜吗？这种显微镜的工作原理是，利用密布感光像素的芯片检测从光栅上飘过的目标阻断射向部分感光像素的入射光，从而根据光线强弱绘制出目标物的图像。

一台不需要透镜、大小如硬币一般的显微镜，似乎可以既快速又经济地检查血液，从中检出癌细胞和寄生虫。这是美国加州理工学院的杨昌辉（Changhuei Yang）及其小组制作的一台仪器，光线照射在流过窄小通道的液体样品上，其下是间距10微米、宽1微米的光栅。光线通过一个小孔照射在一个半导体芯片上，芯片上密布的感光像素与数码相机类似。从光栅上飘过的目标阻断射向部分感光像素的入射光，这些像素便可以根据光线强弱的变化绘出目标的图像。小到0.8～0.9微米的细节都清晰可辨（癌细胞的大小通常为15～30微米）。杨昌辉说，有了基于芯片的显微镜，“就再也不用担心会打破透镜了”。这台显微镜的设计灵感来自于眼中由死细胞和其他碎片构成的“飘浮物”。更妙的是，这样一台显微镜的成本只需10美元。

光栅

是一种非常重要的光学元件，一般用玻璃或金属制成，上面刻有很密的平行细纹，一般每毫米几十至几千条。光通过光栅形成光谱是单缝衍射和多缝干涉的共同结果。



硬币大小的显微镜依靠的不是透镜，而是与数码相机一样的感光元件。

升级X射线扫描仪

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | 王栋

普通X射线成像技术利用目标物体吸收、透射或散射的光线来成像，这种方式往往因为一些细节太过微小而无法辨识。英国物理学家及其同事另辟蹊径，利用X射线穿透物体时产生的微小偏折来成像，能帮助人们分辨更多的关键细节。

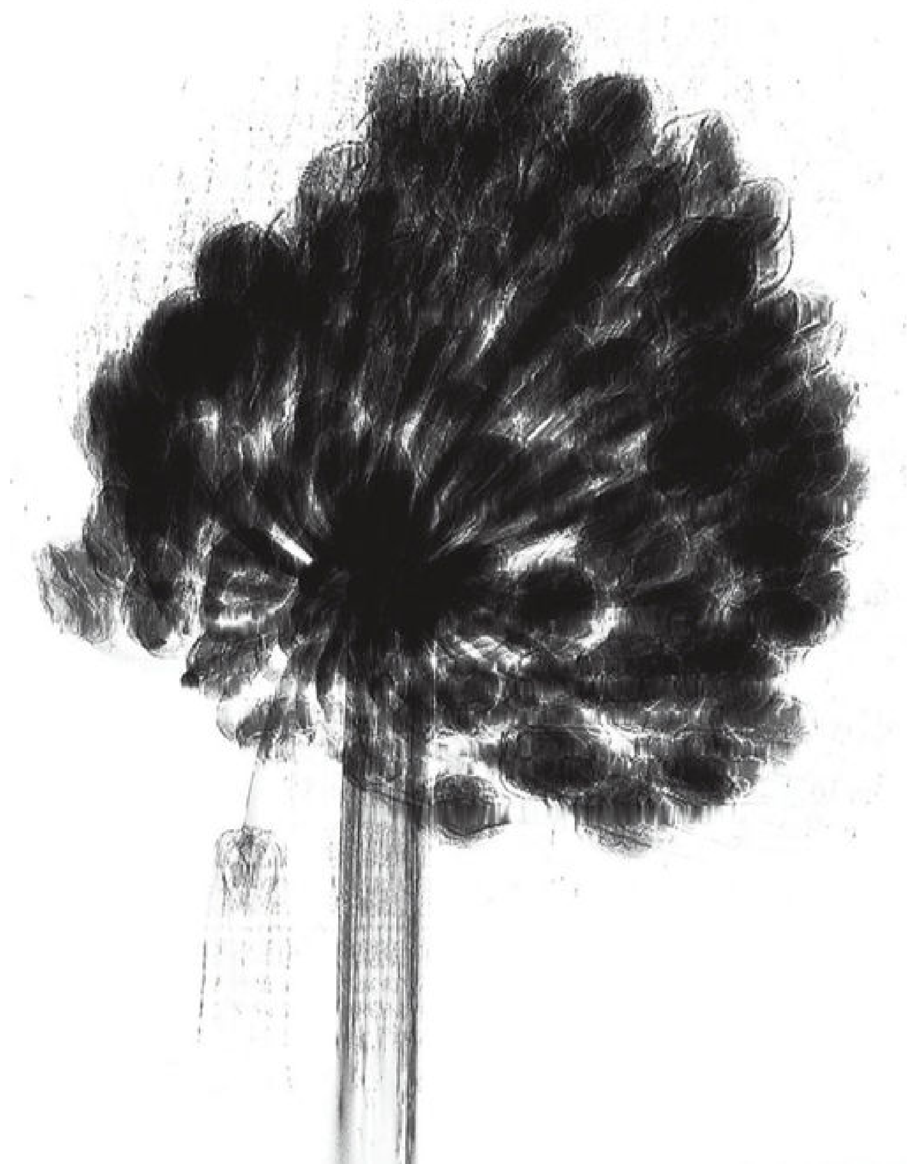
X射线几乎能帮助人们发现任何隐藏的东西，如行李中的炸弹和乳房里的肿瘤。但如果使用普通X射线仪，一些关键细节或许会因为太过微小而无法辨识。现在，一种由原子加速器改造而成的新型X射线技术，能帮助人们分辨更多的关键细节。

X射线

指波长为0.01～10纳米的电磁波，由德国物理学家威廉·康拉德·伦琴（William Conrad Rontgen）于1895年发现，故又称为伦琴射线。X射线具有很强的穿透本领，能透过许多对可见光不透明的物质，常用于医学诊断和治疗，也用于工业上的非破坏检查。

传统照相技术利用目标物体吸收、透射或散射的光线来成像。广泛使用的X射线成像技术也基于类似的原理，只是X射线取代了可见光。为了获取细微细节，通常需要大量X射线照射。想要达到这个目的，要么延长暴露时间，要么使用回旋加速器或同步加速器上的高能X射线源。然而，前一种方法的辐射剂量太大，会对检测目标造成损伤；后一种方法所需的设备又极其昂贵，难以实行。

英国伦敦大学学院的物理学家亚历桑德罗·奥利沃（Alessandro Olivo）及其同事另辟蹊径，利用X射线穿透物体时产生的微小偏折来为物体成像。实际上，他们是想把“相位对比成像”——这种已在同步加速器上使用了15年的技术，搬到普通X射线仪上。

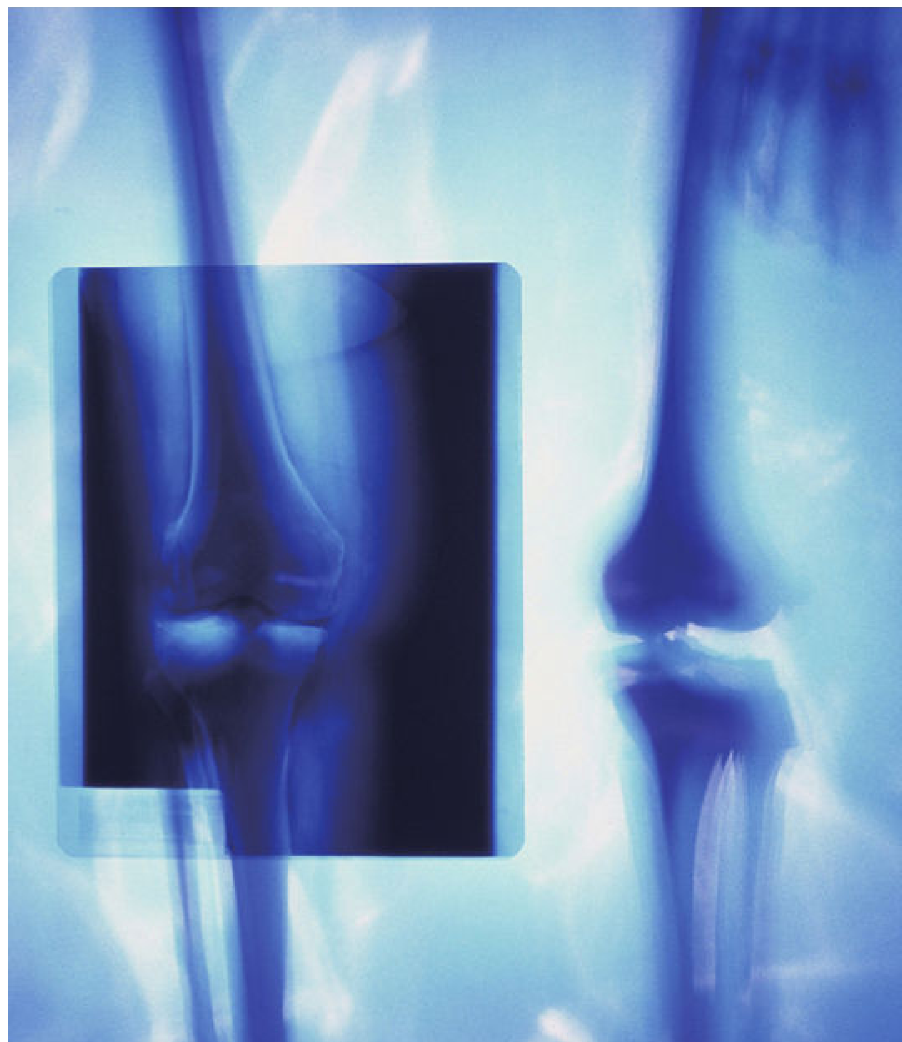


奥利沃拍摄的细香葱X射线照片。

科学家在普通X射线仪上安装了两片约100微米厚的金属光栅，分别放置在目标物体的前后。第一片光栅上的小孔与第二片上的小孔不完全对齐。也就是说，在沿直线传播的X射线通过第一片光栅后，会被第二片阻挡，这样就降低了背景干扰。而探测器只会接收并分析通过物体后发生偏转了的X射线光子。与普通成像技术相比这种方式能将对比度提高至少10倍。“所有细节都能看得更清晰，以前认为很难探测到的细节

也能看到了。”在谈论发表在《应用光学》（*Applied Optics*）杂志上的这项发现时，奥利沃如此说道。虽然普通X射线仪通常能探测到炸弹，却不容易将它们同其他材料（如塑料或液体等）区分开来。目前，科学家设计新的光栅，希望能让成像灵敏度更上一层楼。此外，他们还在研究从多角度探测目标物体的三维扫描技术。

“这种成像系统仅需几秒钟就能完成成像，比其他相位对比成像技术快得多，因为后者在成像时功率不够大，需要数分钟才能完成。”英国萨里大学的放射物理学家戴维·布拉德利（David Bradley）说。但英国曼彻斯特大学材料科学家菲利普·威瑟斯（Philip Withers）说，现在还无法确定的是，该系统的成像速度是否快到可以实现安全扫描。威瑟斯相信，升级后的X射线扫描技术能为医学成像以及航空材料缺陷的检测带来进步。



话题四
不可尽知的粒子世界



人类对微观世界的探索看似永无止境。19世纪以前，人们认为构成物质的最小单位是原子。进入20世纪之后，物理学家们才认识到原子是可分的，原子内部还有质子、中子和电子，这些粒子和光子一度被称为基本粒子。然而，到20世纪60年代，人类又认识到，基本粒子中的质子和中子并不“基本”，它们由更小的粒子——夸克——组成。直到现在，粒子世界仍有很多很多的奥秘等待我们去探索、去发现……

质子究竟有多小

撰文 | 达维德·卡斯泰尔韦基（Davide Castelvecchi）
翻译 | 王栋

最近，一项研究结果令理论物理学家们很头疼——质子的尺寸比以前估算的小4%，这与量子电动力学的预言不符，而作为电磁力的基础理论，量子电动力学曾经经受住了最严格的检验。难道量子电动力学图像存在问题？

一个研究小组于2010年7月声称，组成物质的基本单元——质子——要比人们以前估算的小4%。这项发表于《自然》杂志的发现让物理学家头疼不已，因为它与基于量子电动力学的预言不符。而作为电磁力的基础理论，量子电动力学曾经经受住了物理学中最严格的检验。

数据

关于尺度
（单位：米）

人体细胞的大小
0.00001

氢原子的大小
0.0000000001

质子的大小
（根据文中的测量结果）
0.00000000000000084184

德国加兴市马普研究所量子光学中心的兰道夫·波尔（Randolf Pohl）及其同事使用激光来探测极不稳定的人造氢原子。在这种氢原子中，一种被称为μ子的基本粒子取代了通常围绕在单质子原子核外的电子。激光带来的能量让原子以特定波长发射X射线荧光。这些波长反映了一系列细微效应，其中包括一个不怎么为人所知的事实：核外粒子（在这里是μ子或电子）常常直接从质子中穿过。这是有可能的，因为质子也是由更小的基本粒子（两个上夸克和一个下夸克）组成的，质子中的大部分体积其实是空的。

夸克

夸克是一种基本粒子，也是构成物质的基本单元。夸克互相结合，形成一种复合粒子，叫作强子，强子中最稳定的是质子和中子，它们各自由三个夸克组成。

夸克有六种，分别是上夸克、下夸克、奇夸克、粲夸克、底夸克及顶夸克。上夸克及下夸克的质量是所有夸克中最低的。较重的夸克会通过粒子衰变过程变成上夸克或下夸克。一般来说，上夸克及下夸克很稳定，所以在宇宙中很常见，奇夸克、粲夸克、顶夸克及底夸克则只能由高能粒子的碰撞产生（如在宇宙线及粒子加速器中）。

通过计算质子半径对这种“穿核”轨道的影响，研究人员估算出，质子的半径为0.84184飞米（1飞米 = 10^{-15}米）。这一数字比先前所有的测量结果（从0.8768到0.897飞米）都要小。但无论是哪个结果，质子的尺寸都要远远小于原子中最小的氢原子。如果把一个原子看作足球，则质子就仅有一只蚂蚁那么大。

与如此小的尺度打交道，误差总是难免的。然而，经过12年艰苦不懈的努力（就像波尔所说的：“你得是个老顽固才行。”），该研究小组确信，他们使用的仪器产生的一些不可预计的细小误差并没有影响结果的准确性。理论物理学家也对描述μ子行为及估算质子大小的计算进行了复核，美国密苏里科技大学（位于罗拉市）的理论物理学家乌尔里希·延丘拉（Ulrich D. Jentschura）说，这些计算要简单一些。

一些物理学家提出，μ子和质子之间的相互作用或许会由于某些正 - 反粒子对的意外出现而变得复杂，这种正 - 反粒子对会在原子核内或核周围的真空中短暂出现。延丘拉说，最有可能的候选者是正负电子对。然而，根据通常的原子物理理论，它们不应该出现，至少根据标准

理论不会。波兰华沙大学的理论物理学家克日什托夫·帕丘茨基（Krzysztof　Pachucki）说："这或许是首次有迹象表明我们已知的（量子电动力学）图像存在一些问题。"他认为，或许目前的原子物理理论确实需要一些微调，但不太可能彻底推倒重建。不论最终的答案是什么，在接下来的这几年中，物理学家可能还得继续头疼下去了。

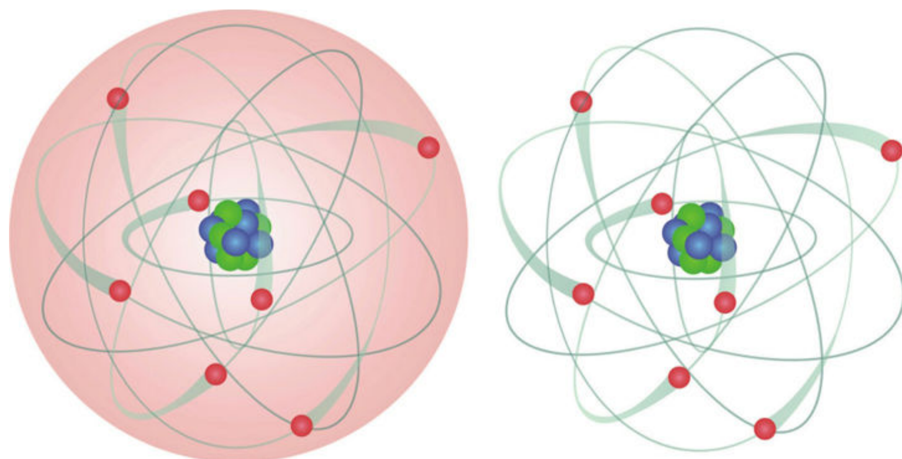


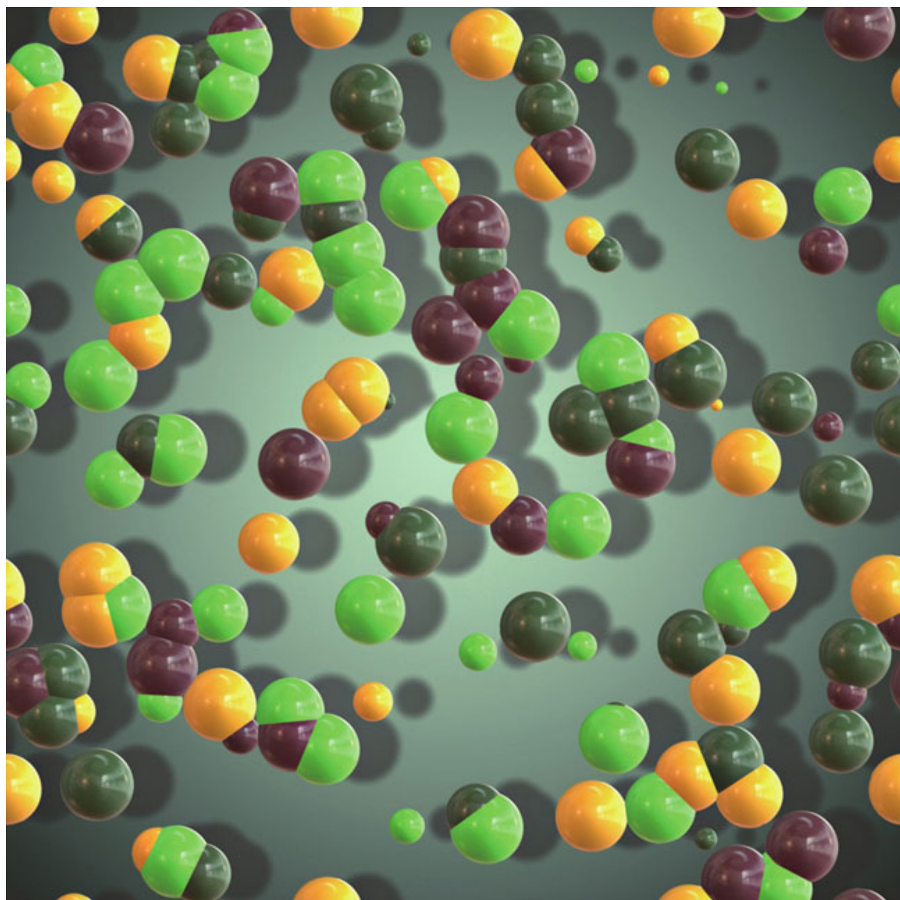
质量在改变

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | Joy

科学家们都希望自然界中的常数能保持恒定，不过，偶尔事与愿违也在所难免。最近，科学家们通过对比实验室中的结果和天文观测得到的数据发现：自宇宙初期以来，质子与电子的质量比降低了$\mathbf{5 \times 10^{-4}}$。

自然界中的常数应该保持恒定，这是大家都期望的。不过，现在物理学家发现，质子与电子的质量也许已经随着时间的流逝发生了改变。荷兰阿姆斯特丹自由大学的研究人员在自己的实验室中研究了被远紫外激光束照射的氢气吸收的光波波长；位于智利的欧洲南方天文台也从一团遥远的氢云中，测得了吸收光波的波长——这团氢云吸收了更遥远的类星体在120亿年前发出的光线。研究人员将实验室中的结果与天文台的数据进行了比较。在上述两种情况下，一些特定吸收线的位置都取决于质子与电子的质量比。目前，质子的质量大约是电子质量的1,836倍。在2006年4月21日的《物理评论快报》上，科学家报告说，自宇宙初期以来，质子与电子的质量比很明显已经降低了5×10^{-4}。这些发现为最近引起争议的观测提供了补充。那项观测表明，描述电磁力整体强度的精细结构常数已经随着时间稍稍增大了一点儿。





并非中性的中子

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | 刘旸

中子是组成原子核的粒子之一，但中子是有内部结构的。过去，科学家们认为，中子的中心带有正电荷，外围带有等量的负电荷。然而，最近的研究结果显示，负电荷既存在于中心，也存在于外周，把正电荷夹在中间，形成负 - 正 - 负三层结构。

从整体上来看，中子是电中性的。不过，物理学家过去认为，中子的中心带有正电荷，外围则带有等量的负电荷。利用三个不同的粒子加速器得到的最新研究结果显示，中子有更加复杂的结构——负电荷既存在于中心，也存在于外周，把正电荷夹在中间，像三明治一样。这一发现不仅可以帮助我们更好地理解强核力，还能帮助我们理解恒星内部的一些物理原理。这项研究在核能和核武器方面也可能有用武之地。美国华盛顿大学的杰拉尔德·米勒（Gerald Miller）在2007年9月14日的《物理评论快报》上撰文表示，随着数据的不断更新，中子更加复杂的性质可能会被逐步揭示出来。

强核力

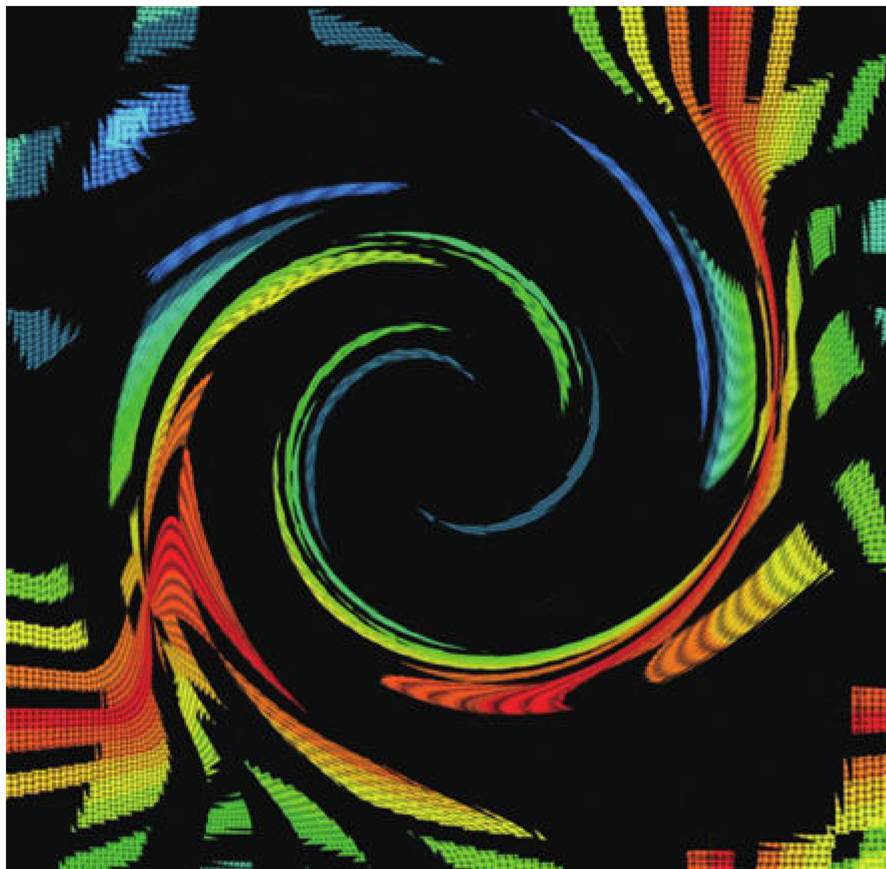
又称强相互作用或强力，是宇宙的四种基本力之一，其余三种为弱核力、电磁力及引力。强核力将原子中的质子和中子结合在一起，还将质子和中子中的夸克束缚在一起。

物质——反物质分子

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | 刘旸

由于电荷相反，正电子和电子很容易相互吸引，结合成电子偶素。从理论上来讲，两个电子偶素原子之间也能相互配对，形成分子，这就好比两个氢原子形成**H2**。最近，美国科学家发现了两个电子偶素可以相互结合的确凿证据。

早在几十年前，研究人员就已经知道，电子和它的反粒子正电子可以结合，形成一种寿命很短的类氢原子——电子偶素。现在，美国加利福尼亚大学河滨分校的科学家们成功使两个电子偶素结合，形成了一种被称为双电子偶素的新分子。研究人员先在一个电磁势阱中捕捉了大约2,000万个正电子，然后以纳秒级别的强烈脉冲，将这些正电子射向多孔二氧化硅薄膜上的一个微点。正电子会扩散到各个小孔，将电子吸引进来，形成大约10万个双电子偶素分子。



研究这些分子，不仅能对反物质展开全新的研究，还可以解释为什么反物质在宇宙中如此罕见。电子和正电子最终碰撞时产生的γ射线，可能会被用于发展定向能武器，或者帮助核电站启动核聚变反应。更详细的报道请参见2007年9月30日出版的《自然》杂志。

正电子

是电子的反粒子，除带正电荷外，其他性质与电子相同。正电子不稳定，遇到电子会与之发生湮灭，产生电磁辐射，放出高能光子。正电子湮灭主要有三种方式，即自由湮灭、生成电子偶素后湮灭、参与化学反应。



超光速中微子

撰文 | 达维德·卡斯泰尔韦基（Davide Castelvecchi）
翻译 | 王栋

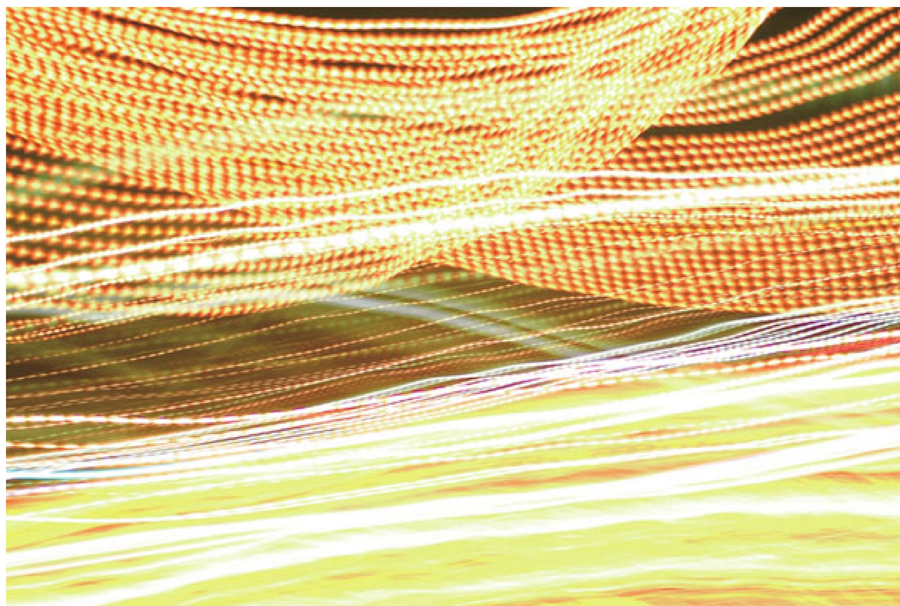
爱因斯坦狭义相对论中设定的宇宙速度上限为真空中的光速，但最近有研究人员称，一种名为中微子的亚原子粒子打破了这个上限。不过，许多理论物理学家对这个结果表示质疑。

不知道你是否注意到这条新闻：2011年9月，一个物理学家团队宣布，一种名为中微子的亚原子粒子或许打破了由爱因斯坦狭义相对论设定的宇宙速度上限。在这项名为OPERA（Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus）的大型中微子振荡实验中，研究人员从位于瑞士日内瓦附近的欧洲核子研究中心（CERN）发射了一束中微子，它们穿过地壳，最终抵达位于意大利拉奎拉附近的格兰萨索国家实验室。据科学家估计，中微子到达目的地所用的时间，比光快了约60纳秒。

中微子

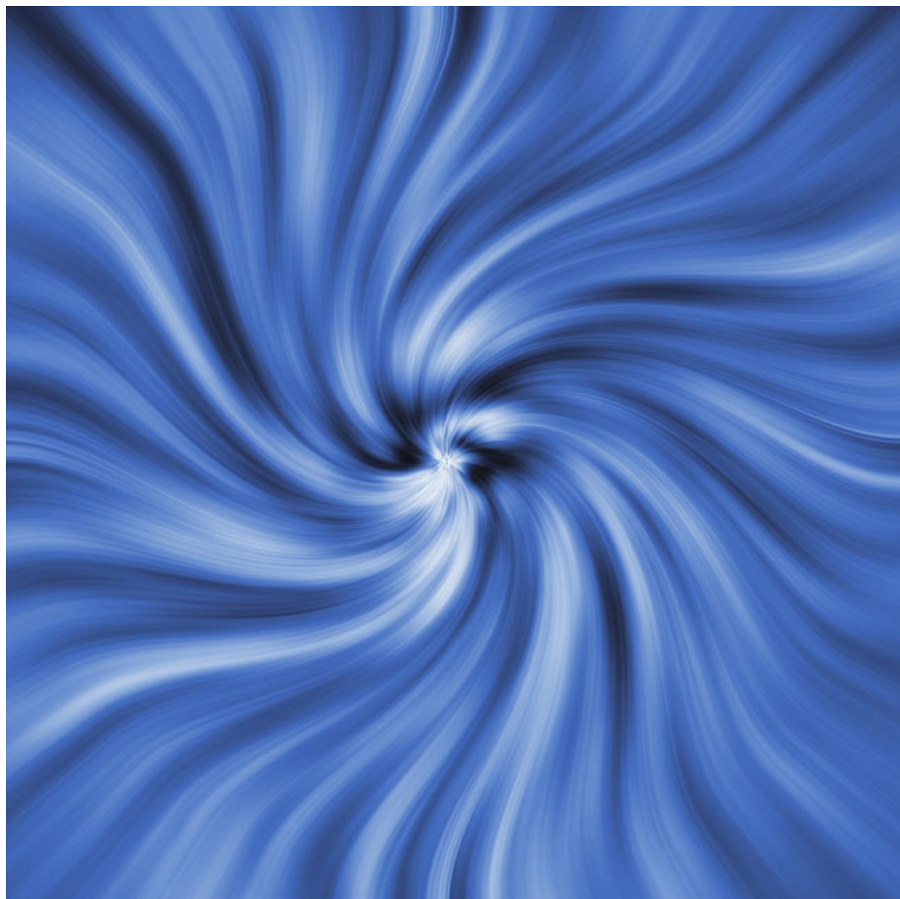
来自意大利语“neutrino”，字面上的意义为“微小的电中性粒子”。中微子不带电，质量非常轻，小于电子的百万分之一，以接近光速运动。

中微子有三种类型，即电子中微子、μ子中微子和τ子中微子。中微子在自然界中广泛存在，太阳、宇宙线、核电站等都能产生大量的中微子。它极难被探测到，几乎不与物质发生相互作用，可以轻松地穿过人体、建筑，甚至地球，而不带来任何影响。



对于这个结果，科学家们持谨慎态度，尤其是因为早前一项测量中微子速度的研究已经表明，在很高的精确度上，中微子同样遵循宇宙速度上限。在2011年9月29日发表的一篇网络版简短论文中，美国波士顿大学的安德鲁·科恩（Andrew Cohen）和谢尔登·格拉肖（Sheldon Glashow）通过计算得出，任何超光速飞行的中微子都会在飞行途中损失能量，并留下一条由较慢粒子组成的轨迹。这种轨迹类似于超音速飞机后方留下的音爆，并会被地壳吸收。

但是，同刚发射时相比，在格兰萨索国家实验室探测到的中微子能量并没有变化，这就说明中微子速度的测量结果是值得怀疑的。“当所有粒子都具有相同的最大可能速度时，粒子不可能通过释放另一个粒子来损失能量，”科恩解释道，“但是，如果相关粒子的最高速度不尽相同”，那么这种过程就会发生。



这类效应的常见例子是，电子和光子在同一介质中传播，如水或空气，由于光子受到传播介质影响，传播速度会低于电子在介质中的速度上限，即真空中的光速。在这种情况下，电子会释放光子，损失能量。这种具有不同速度上限的粒子之间的能量交换叫作切伦科夫辐射，这也是核电站核燃料池总是散发着蓝光的原因。

对于这次中微子实验，科恩和格拉肖通过计算得出，中微子的尾迹应该主要由电子及正电子构成。关键问题是，根据正反电子对的产生速率可知，从欧洲核子研究中心发射的一个超光速中微子在抵达格兰萨索之前，就会损失掉大部分能量。所以，这也说明，或许它们的飞行速度根本就没有超过光速。

“我认为已经可以盖棺定论了，”美国亚利桑那州立大学的理论物理学家劳伦斯·克劳斯（Lawrence M. Krauss）评论说，“这是一篇非常棒的论文。”那么，爱因斯坦还是对的吗？爱因斯坦相对论取代了牛顿物理

学，毫无疑问，物理学家也将继续寻找爱因斯坦理论中的错误。“我们会不断验证自己的想法，”科恩说，“即便是那些已经建立起来的理论也一样要接受检验。”（2012年2月，《科学》杂志爆料称，来自欧洲核子研究中心的内部人士透露，中微子速度的误差可能是由于连接GPS接收器和电脑之间的光缆松了造成的。欧洲核子研究中心随后证实了这一说法，但同时表示还有另外一个因素，即用于将探测器时间与GPS进行同步的一个振荡器可能存在误差。）

虚无缥缈找粒子

撰文｜迈克尔·莫耶（Michael Moyer）
翻译｜谢懿

惰性中微子不参加除引力外的任何相互作用，因此，很难被探测到。尽管天文学家和美国费米实验室的科学家似乎都找到了惰性中微子存在的证据，但是这些结果还需要进一步验证，惰性中微子仍属于一种假想粒子。

中微子是最著名的“害羞”粒子，可以穿透任何东西——包括你的身体、整个地球和专门用来捕捉它们的探测器——而不留痕迹。但是，跟目前仍属于假设的惰性中微子相比，普通中微子简直就像鞭炮一样吵闹。惰性中微子甚至无法通过弱核力与普通物质发生相互作用，弱核力是连接中微子和日常世界的纽带。然而，新的实验已经发现了证据，惰性中微子不仅真实存在，而且很普遍。它们中的一些甚至有可能构成了已经困扰天文学家几十年的神秘的暗物质。

物理学家还远没有准备好正式宣布如此戏剧性的发现，但这些结果“将会极为重要，如果它们被证明为正确的话”，美国加利福尼亚大学洛杉矶分校的亚历山大·库先科（Alexander Kusenko）如是说。

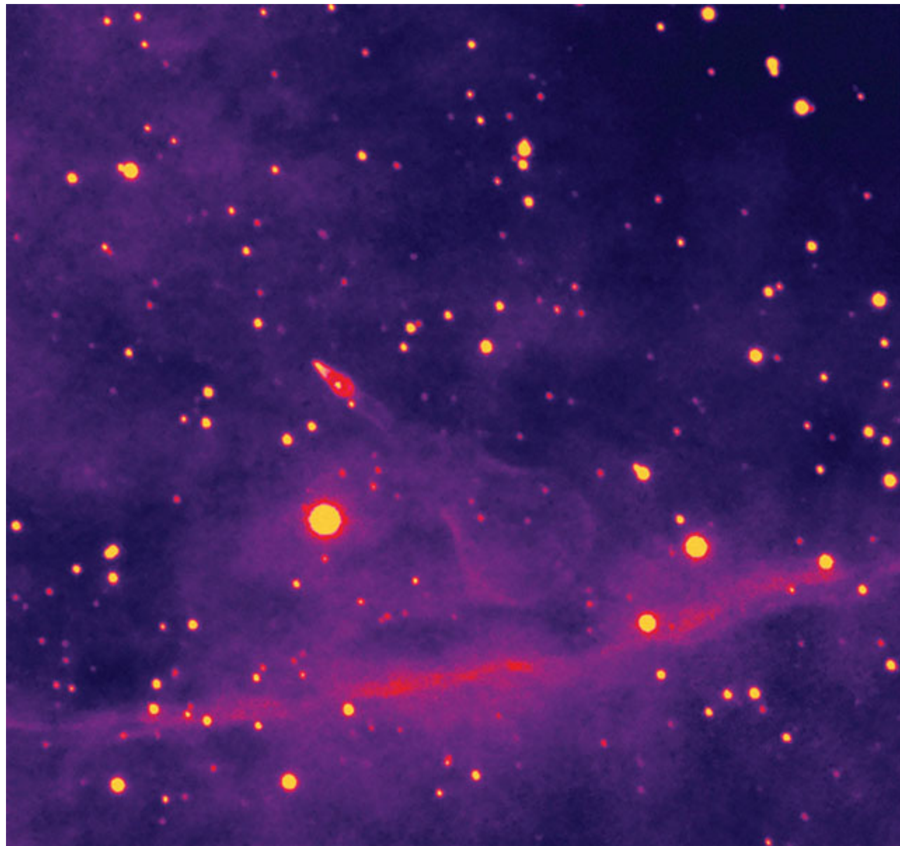
科学家是如何去寻找这些几乎无法被探测到的粒子的呢？库先科和美国国家航空航天局（NASA）戈达德航天中心的迈克尔·勒文施泰因（Michael Loewenstein）推测，如果惰性中微子真是暗物质，它们就会偶尔衰变成普通物质，产生一个较轻的中微子和一个X射线光子；在发现有暗物质存在的地方去寻找这些X射线应该是明智的。他们利用钱德拉X射线天文台观测了一个被认为富含暗物质的近距矮星系，而且恰好在正确的波段上发现了一些有趣的X射线信号。



另一个证据来自于超新星。如果惰性中微子真的存在，超新星会沿着磁力线将它们喷出，形成一道紧凑的喷流，由此产生的反冲会把脉冲星推射出去，在宇宙中穿行。天文学家确实观测到了这种现象——脉冲星在宇宙中疾驰的速度可达每秒数千千米。

不过，天文学家不一定非得靠观测天空来寻找惰性中微子的证据。美国费米国家加速器实验室的科学家最近验证了16年前寻找惰性中微子首批证据的实验。费米实验室的科学家隔着大地向500米外的一个探测器发射普通中微子。他们发现，在飞行过程中，许多中微子的“身份”发生了变化，而且变化方式与惰性中微子存在的情况如出一辙。

下一步就是要证实这些结果。最近勒文施泰因和库先科用牛顿X射线多镜面望远镜（XMM-Newton，另一台空间X射线望远镜）重复了他们的实验，费米实验室的科学家也已经在准备另一次实验了。这种最“害羞”的基本粒子或许藏不了多久了。



隐藏的证据：一些脉冲星提供了惰性中微子存在的证据，如位于“吉他星云”一端的脉冲星。

“惰性”中微子搜寻无果

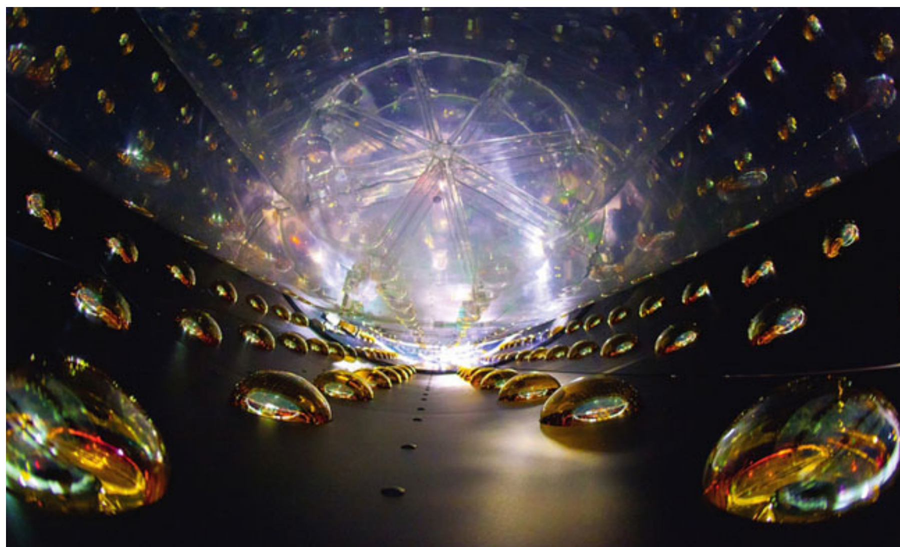
撰文 | 彼得·安德雷·史密斯（Peter Andrey Smith）
翻译 | 李玲玲

经过长达7个月的搜寻，物理学家还是没有发现传说中的“惰性”中微子。不过实验结果仅仅排除了某些质量和特性的粒子，所以有关惰性中微子的终极真相仍然没有被揭开。

中微子有三种类型（或三种“味”）：电子中微子、μ子中微子和τ子中微子。但是物理学家猜测，还有其他形式的中微子——这些中微子表现很奇怪，几乎从不与其他粒子互相作用。这种“惰性”中微子也许能解开物理学界的一些重要难题，例如使人困惑的暗物质，它们显然遍布宇宙并且会对普通物质施加引力。

但搜寻几十年，这种中微子依旧不可捉摸，最近一次试图现场捕捉它们的努力也落空了。经过长达7个月的搜寻，中国大亚湾反应堆中微子国际实验团队中的物理学家仍然一无所获。

这次特别的搜寻是在地下进行的。大亚湾反应堆位于广东省，这些中微子探测器埋设在一组核反应堆下面的不同深度处。这是因为核电厂发生的裂变反应，会自然而然地产生许多电子中微子的反物质对应物。中微子，说来也奇怪，它的“味”能在一个叫作振荡的过程中发生转换，只要这些反物质粒子在飞速运动，其中一些就会转变成反μ子中微子或反τ子中微子，一路撞向中微子探测器。科学家粗略知道有多少反电子中微子会变成其他中微子，并利用这种计算来推断：是否有反电子中微子在最深处的探测器那儿消失了。如果有粒子消失，就意味着原来的反中微子很可能变成了惰性中微子。



光敏管放大反中微子信号（中国大亚湾）

美国布鲁克黑文国家实验室的物理学家米林·迪万（Milind Diwan）也是大亚湾实验小组的一员，他说："大亚湾没有找到消失的中微子，说明这个特殊的领域不可能有惰性中微子了。"这一结果发表在2014年10月的《物理评论快报》上，不过实验结果仅仅排除了某些质量和特性的粒子，所以有关惰性中微子的终极真相仍然没有被揭开。大亚湾实验现场的物理学家会继续在更大特性范围内寻找这种粒子。毕竟，搜寻希格斯玻色子的头30年也是一无所获的。

量子排斥力

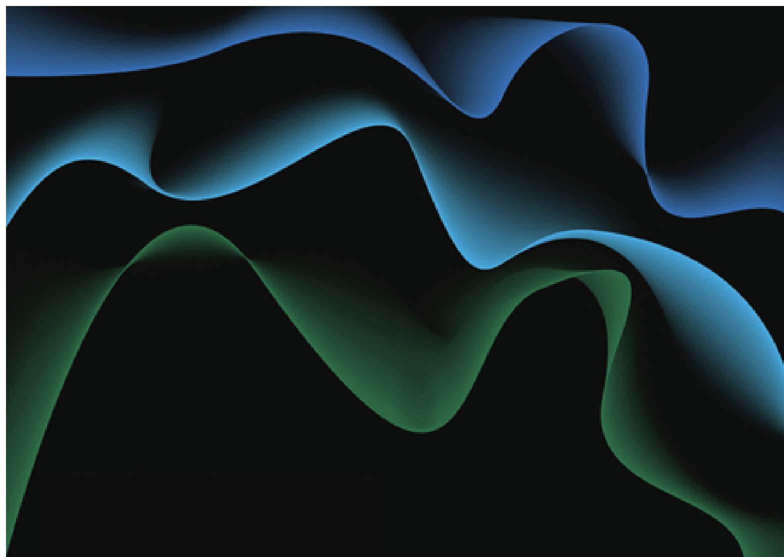
撰文｜约翰·马特森（John Matson）
翻译｜蒋青

真空中充满各种波长的粒子，假如使两个不带电的金属薄盘紧紧靠在一起，较长的波长就被排除出去，导致两个薄盘相互吸引，这就是卡西米尔效应。物理学家发现，真空中无处不在的量子涨落还会引起另一种效应——相互排斥。

物理学家又检测到真空中无处不在的量子涨落引起的一种新效应——确切地说，这种效应类似于卡西米尔力，不过，效果却是相互排斥。卡西米尔力通常会在两块间距极小的金属板之间产生吸引力，使它们结合得更加紧密。但是，当两个表面分别由电学性能不同的材料构成时（如实验中科学家使用的金和硅），卡西米尔排斥力就会出现。正如理论所预言的那样，量子涨落会把这两种材料拉开。这种效应只在纳米尺度下可见，进一步研究它将有助于工程师设计出更精细的机械装置。

量子涨落

在量子力学中，量子涨落（或称量子真空涨落、真空涨落）是指空间任意位置上能量的暂时变化。它允许在完全空无一物的空间（纯粹空间）中随机产生少许能量，前提是该能量在短时间内重归消失。



量子擦边球

撰文 | 乔治·马瑟（George Musser）
翻译 | 庞玮

量子世界和我们熟悉的世界很不相同：假设你把足球踢到小土丘上，如果踢得太轻，足球势必没过坡顶就会滚回来，但量子小球会穿过土丘到达另一边；一个小球滚到桌边势必会掉下去，但量子小球可能会从桌边反弹回来。

量子力学可以被这样定义：事情总和你想象的刚好相反。这个定义屡试不爽：真空是满的，粒子就是波，猫可以既是活的又是死的。由物理学家组成的一个科研小组研究了另一个量子“脑筋急转弯”。你也许会“天真”地以为，一个小球滚过桌面，到了桌子的边缘，它一定会掉下去——抱歉，你又错了。实际上，一个量子小球在适当的条件下，不仅不会掉下桌面，而且会从桌边再滚回来。

这个现象是量子隧穿效应的“倒行逆施”版。量子隧穿效应本身就足够令人惊奇了：假设你把一个足球踢到小土丘上，如果踢得太轻，足球还没过坡顶就会滚回来；如果用同样的力道去踢一个量子足球，球却有可能滚到土丘的另外一边，就像从土丘中打通一条隧道穿过去一样（不过，这条隧道并不真的存在）。这个过程解释了粒子如何能从原子核中逃逸出来，产生放射性α衰变。量子隧穿效应如今已经成为许多电子设备得以实现的基础。



通过隧穿效应，粒子可以完成小球永远无法做到的一些事情。反过来，对于小球来说屡试不爽的一些事情，粒子也可以偏偏不这么做。把足球踢向悬崖边的话，它总是会掉下去的。可是，如果把一个粒子踢向悬崖边，它却有可能反弹回来。这些粒子就像某种小玩具机器人，能够感应到桌子或者楼梯的边缘，然后倒退回来。不同的是，粒子的这种“特技表演”依靠的并不是某种“内部机械装置”，而是本能地逆着外力驱使它移动的方向而动。西班牙格拉纳达大学的佩德罗·加里多（Pedro L. Garrido）、芬兰赫尔辛基大学的亚尼·卢卡里宁（Jani Lukkarinen），还有美国罗格斯大学的谢尔登·戈尔茨坦（Sheldon Goldstein）和罗德里希·塔马尔卡（Roderich Tumulka）对此进行了研究，他们给这一现象起了个名字——“反隧穿”。



粒子波反射：正如海面可以把光波反射回水中，桌子的边缘也可以把一个量子波反射回桌面，阻止量子波描述的粒子从桌边滚落。

放射性α衰变

是原子核自发放射α粒子的核衰变过程。α粒子是电荷数为2、质量数为4的氦核He^{2+}。α衰变是一种核裂变，其中涉及量子物理学中的隧穿效应，由强核力力场产生和控制。

发生α衰变时，一颗α粒子会从原子核中射出；α衰变发生后，原子核的质量数会减少4个单位，其原子序数也会减少2个单位。

不论是隧穿还是反隧穿，解释这两种现象都要依赖于粒子的波动本质，而波动性又反映出这样一个事实：一个量子化粒子的位置通常是不确定的。粒子的波描述了可以找到这个粒子的空间范围。波的性质与通常意义上的波（如声波）非常类似。任何波在碰到非绝对刚性的障碍物时，都会有一部分穿入障碍物，只是波的强度会有所衰减。只要障碍物不是太厚，波都可以在另外一边重现。这个过程与隧穿效应类似。

任何波在遭遇到环境的突然变化时，哪怕改变之后的环境更有利于波的传播，一部分波也会反射回来——这个过程就与反隧穿类似。潜水员在水下向上看时，会发现海面像镜子一样反光，这也是类似过程的结果。为了让变化发生得足够“突然”，环境发生改变的距离必须短于波的波长（粒子波的波长与粒子动量有关）。如果变化过程太平缓，波就会

继续前进，此时粒子的行为就跟足球完全一样了。

加里多及其同事进行了一系列数值分析，排除了这一现象是理想条件下人为效应的可能性。他们还计算了一个粒子从桌边掉下去之前，能够在桌面上“滚”多久。结果发现，桌子越高，粒子待在桌面上的时间就越长。美国里德学院的戴维·格里菲思（David Griffiths）写过一本量子力学入门教材，在各大高校被广泛使用。他把反隧穿现象视为“一个非常可爱的悖论”，还在教材第二版中增加了一道与此有关的课后习题。2004年诺贝尔物理学奖获得者、麻省理工学院的物理学家弗兰克·维尔切克（Frank Wilczek）说：“这个分析很严密，指出了一个我以前没有清楚认识到的有趣现象。”

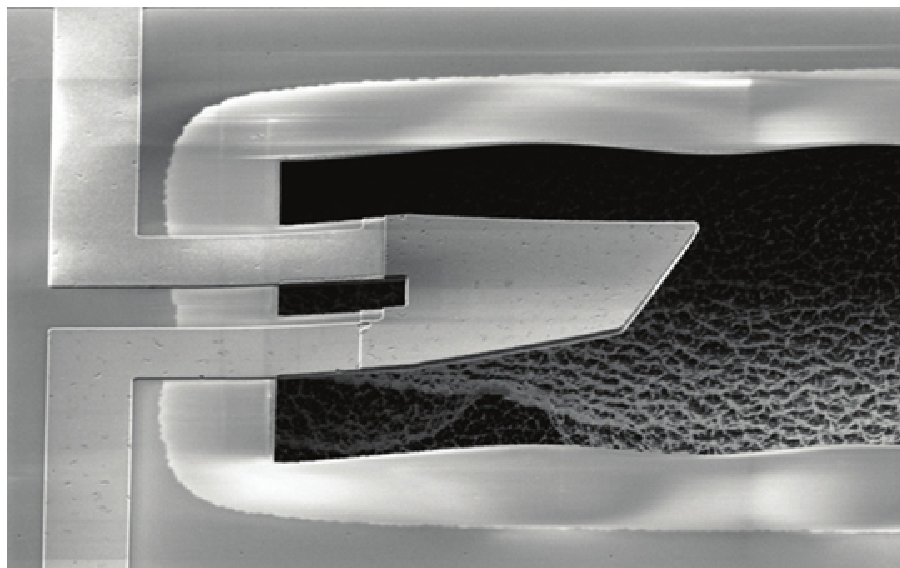
反隧穿效应可能在建立实验室粒子阱、描述核衰变，或者探索量子力学基础等方面得到应用。不过，它最引人注目之处在于提醒物理学家：一个已经有近百年历史的“古老”理论，依然有能力让人大吃一惊。

量子麦克风

撰文 | 达维德·卡斯泰尔韦基（Davide Castelvecchi）
翻译 | 庞玮

研究人员利用计算机芯片制造技术，制作了一个1微米厚、40微米长的微型音叉，以此来模拟单个原子表现出的量子特性。这是一个里程碑式的研究，它证实我们正处于一个十足的量子世界。

单个分子“击掌”会发出什么声音？科学家研制出一种装置，能捕捉正在进行机械振动（类似于化学反应中的分子振动）的单个量子。他们发现，这种头发粗细的装置在发挥作用时，就好像它同时存在于两个地方。而在此之前，这样的“量子怪事”仅能在分子尺度下发生。

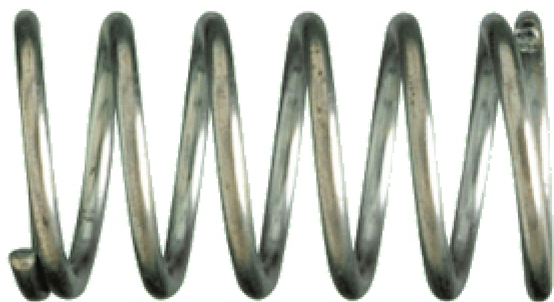


“这是一个里程碑式的研究，”美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的理论物理学家沃伊切赫·楚雷克（Wojciech Zurek）说，“它证实了很多人相信，但也有人一直反对的一个观点——我们处于一个十足的量子宇宙。”

谐振

即物理学中的简谐振动。物体在平衡位置附近往复运动，物体受力的大小总

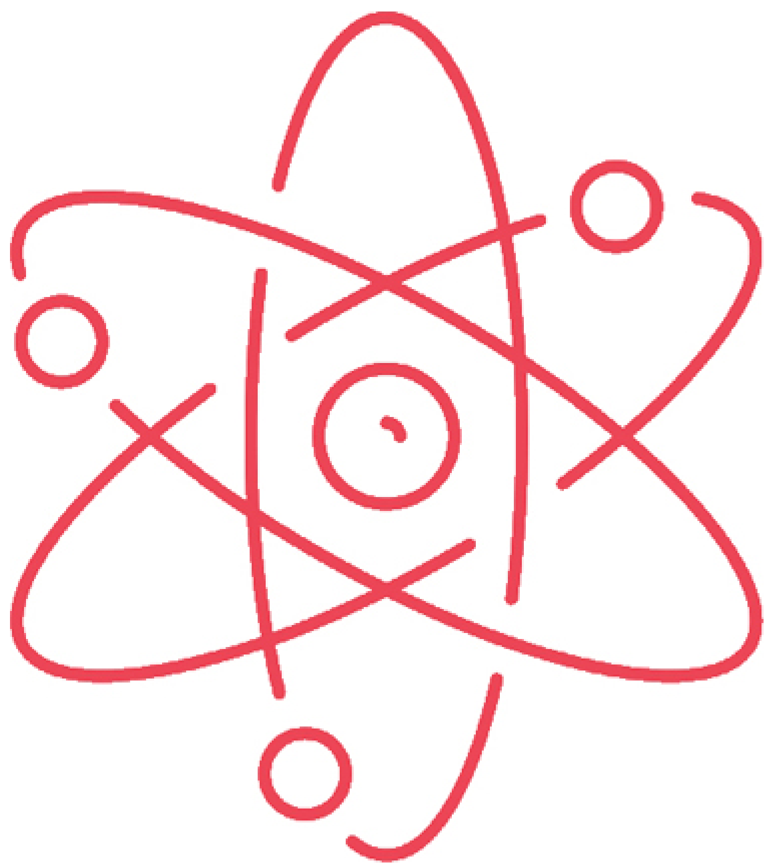
是和偏离平衡位置的距离成正比，且受力方向总是指向平衡位置，其动力学方程式是F＝－kx（胡克定律）。



美国加利福尼亚大学圣巴巴拉分校的研究生阿龙·奥康奈尔（Aaron O'Connell）利用计算机芯片制造技术，制作了一个类似微型音叉的机械谐振器——仅有1微米厚、40微米长，肉眼刚好可以看得见。然后，奥康奈尔与合作者将谐振器连接到一个超导线圈上，把整个装置冷却到－273.125℃，只比绝对零度高0.025℃。在如此低温下，谐振器只能有两个状态：要么完全静止，要么拥有一个振动能量子，也就是声子。利用超导线圈，谐振器的振动可以被检测到。此时，整个装置相当于一个“量子麦克风”。反过来，向超导线圈导入电流，可以迫使谐振器发生同步振动。这样一来，如果这个研究小组使超导线圈处于两种状态的叠加态（一种状态下有电流，另一种则没有电流），那么谐振器就会处于振动和不振动的叠加态。

实际上，在振动状态下，谐振器中每个原子的位移都极其微小，还不到一个原子的尺度，因此，处于叠加态的谐振器从未真的同时出现在两个位置上。不过，这项研究的结果仍表明，一个远大于量子尺度的物体（谐振器大概包含10万亿个原子）也能像单个原子那样表现出奇异的量子特性。2010年3月，奥康奈尔在美国物理学会的一次会议上报告了上述结果。这一发现发表在4月1日的《自然》杂志上。

话题五
鬼魅似的远距作用



量子纠缠是一种类似于“心灵感应”的神奇现象：当两个微观粒子发生纠缠时，只要改变其中一个粒子的量子状态，瞬间就可以使另一个粒子的状态发生改变，不论它们相距多远。爱因斯坦曾把“量子纠缠态”称为“鬼魅似的远距作用”，如今量子纠缠已被世界上的许多实验室证实。它不但是量子通信和具有超级计算能力的量子计算机的基础，甚至还能提高照相机的成像精度。

超长距离量子纠缠

撰文 | 明克尔（JR Minkel）
翻译 | 刘旸

当两个光子发生量子纠缠时，其中一个发生改变，另一个也会立刻发生同样的改变，不管相距多远。奥地利科学家在相隔**144**千米的岛屿上实现了两个光子的量子纠缠，这个距离远远打破了原有的记录。

量子纠缠的关联距离正在逐渐加长。在最新的一次演示实验中，科学家在西班牙加那利群岛的两个岛屿之间，实现了光子的量子纠缠。当两个光子发生纠缠时，不论它们相距多远，其中一个发生的改变瞬间就会决定另外一个的命运。奥地利维也纳大学的安东·蔡林格（Anton Zeilinger）及其同事利用一束激光，在拉帕尔马岛上生成一对相互纠缠的光子，然后将光子对中的一个光子发射到144千米以外的特内里费岛，并用望远镜进行捕捉。这个距离将纠缠光子在空气中的“飞行记录”延长了10倍。这样的光子也许可以用来传递无法被破译或窃听的加密信息。这个研究小组在2007年3月举行的美国物理学会年会上介绍了他们的此项突破。

相互纠缠的原子云

撰文 | 明克尔（JR Minkel）
翻译 | 刘旸

美国科学家将单个光子变成一对相互纠缠的光子，然后把它们分别储存在相距**1**毫米的铯原子云中。当再次把这对光子合成单个光子时，**20**%的纠缠态被保存了下来。这一数字刷新了以往的实验记录。

美国加州理工学院的科学家将量子纠缠与使光停滞于传播过程中的技术相结合。他们利用光束分离器，把单个光子变成一对相互纠缠的光子，并将这对纠缠态光子以相距1毫米的距离，储存在接近绝对零度的铯原子云中。当他们再将这对光子合成单个光子时，20%的纠缠态被保存了下来。在以往的纠缠实验中，这一效率前所未有。

该实验为实现两个原子云的纠缠，以及利用量子通信在两个原子云之间快速传递量子态奠定了基础。

量子通信

指利用量子纠缠效应进行信息传递的一种新型的通信方式。量子纠缠态的品质会随着传送距离的增加而变得越来越差，因此，如何提纯高品质的量子纠缠态是目前量子通信研究中的重要课题。

维持量子纠缠的旁门左道

撰文 | 乔治·马瑟（George Musser）
翻译 | 庞玮

处于纠缠态的量子能相互关联，无论相隔多远，但环境的干扰会破坏纠缠态，这个过程被称为“退相干”。将粒子从环境中孤立出来并不能解决退相干问题，科学家们干脆反其道而行之，转而利用环境来维持纠缠态。

当个电子的感觉会不会很棒？那样的话，你就能从量子力学的种种“奇迹”中捞到些好处，如同时身处两地——实在是应对现代生活激烈竞争的利器。令人郁闷的是，物理学家早就泼了盆冷水：他们认为，量子力学只适用于微观世界。

好在这种观点是否正确仍是一个谜。按照过去数十年间发展起来的现代物理学观点，我们在日常生活中看不到量子效应，究其本质不是因为我们的尺度太大，而是因为这些量子效应被其自身极强的复杂性所遮蔽。只要观察得法，就能看到它们，而且物理学家已经逐渐认识到，这些量子效应在宏观世界中出现的频率要比他们想象中高。美国伊利诺伊州立大学的诺贝尔物理学奖得主安东尼·莱格特（Anthony Leggett）说：“在量子效应维持的问题上，通常的观点也许太过悲观。”

在这些效应中最引人注目的就是所谓的“量子纠缠”。处于量子纠缠的两个电子之间，会建立起一种类似心灵感应那样超越时间和空间的联系。其实，不仅仅是电子，你和你心爱的人之间也能维系一条量子纽带，无论你们相隔多久、多远。听起来是不是浪漫得一塌糊涂？但凡事皆有反面，粒子天生就来者不拒，和它碰到的每一个粒子都勾勾搭搭。所以，你在街上碰到的每一个人生失意的可怜虫，吹拂在你脸上的每一个空气分子，都会和你建立起量子纽带。于是，你渴望的那条纽带被无数不想要的纽带淹没。纠缠就这样自己搅了自己的局，这个过程被称为“退相干”。

为了能保住量子纠缠并加以利用，如制造量子计算机，物理学家们把爸妈对付情窦初开的少男少女所用的手段全用上了：把粒子从环境中

孤立出来，或者监控粒子并及时阻断任何无关的纠缠。当然，物理学家们最终往往也只能像那些爸妈们一样长叹一声。既然我们无法战胜环境干扰，那么为何不反过来利用它呢？用新加坡国立大学和英国牛津大学的物理学家弗拉特科·韦德拉尔（Vlatko Vedral）的话说，“环境可以起到更为正面的作用”。



奥地利科学院量子光学与量子信息研究所因斯布鲁克实验室的蔡建明（Jianming Cai）和汉斯·布里格尔（Hans J. Briegel），以及英国布里斯托尔大学的桑杜·波佩斯库（Sandu Popescu），已经指出了一条利用环境干扰的途径。设想你有一个V形的分子，你能控制它像镊子一般开合。当V形分子合上时，顶端的两个电子发生纠缠。如果你就这样把它一直合着，那么这两个电子最终会在环境粒子的狂轰滥炸下退相干，这样你也就失去了所有重建纠缠的办法。

量子计算机

指一种使用量子逻辑实现通用计算的设备。它是一类遵循量子力学规律进行高速数学和逻辑运算并储存及处理量子信息的物理装置。当某个装置处理和计算的是量子信息，运行的是量子算法时，它就是量子计算机。不同于电子计算机，量子计算机用来储存数据的基本单元是量子位，它使用量子算法来进行数据操作。

那该怎么办呢？答案是：打开V形分子，反其道而行之，让这对电子更多地暴露在环境中。如此一来，退相干过程就会让电子回到能量最低的自然状态，即最低能态。然后，你再闭合分子，电子纠缠就能重新建立。只要这个开、合过程足够快，电子之间的纠缠看上去就始终如一，好像不曾被破坏一般。这三位科学家称它为“动态纠缠”，以便与那些必须靠持续隔离环境干扰才能维持下去的静态纠缠相区别。尽管动态纠缠处于振荡之中，但这些科学家说，静态纠缠能做的事情它都能完成。

另一种方法使用了一群粒子，它们的行为整齐划一，整体看上去如同单个粒子。因为这个粒子群存在内部动力学结构，所以能够有多个自然状态（或者说平衡态），对应不同但相似的能量分布。未来的量子计算机可以用这些平衡态，而非单个粒子来储存数据。这个方法最早是阿列克谢·基塔耶夫（Alexei Kitaev）于10年前在俄罗斯的朗道理论物理研究所提出的，现在被称为“被动纠错”，因为这些粒子不需要物理学家主动干预。如果系统偏离了平衡态，环境就会动手帮它们恢复平衡。只有当温度过高时，环境对这群粒子的扰动作用才会大于稳定作用。就像波兰格但斯克大学的米夏·霍罗德茨基（Micha Horodecki）所说，“环境不仅能增添错误，也能纠正错误”。

诀窍就在于，要确保环境纠正错误的速度比增添错误的速度更快。霍罗德茨基和美国麻省理工学院的埃克托尔·邦宾（Héctor Bombín）等提出了这样一套方案，但出于几何方面的原因，该方案只适用于三维以上的空间。最近发表的其他几篇论文则在三维空间中实现了这一诀窍：它们并没有依赖高维空间几何，而是对整个系统施加力场，使平衡偏向于纠错。不过，这样的系统或许无法完成常规运算。

上述研究一反物理学家的常识，暗示纠缠能在宏观的室温体系，甚至鲜活的有机体中维持。美国加利福尼亚大学伯克利分校的莫汉·沙罗瓦日（Mohan Sarovar）评论说：“这为我们打开了一扇全新的大门，意味着量子纠缠有可能在生物体系中发挥作用，甚至成为一种资源。”他最近刚刚发现，纠缠或许能助光合作用一臂之力（参见本系列图书《未来地球简史》中《叶绿素发电》一文）。韦德拉尔和新加坡国立大学的伊丽莎白·里佩尔（Elisabeth Rieper）等也发现，在鸟类用来导航的磁性敏感分子中，电子之间维持纠缠的时间要比常规理论的预测值长10～100倍。这样看来，虽然我们或许当不成电子，但活蹦乱跳的生物仍然能从

美妙的量子特性中沾一分光。

钻石的量子纠缠

撰文 | 约翰·马特森（John Matson）
翻译 | 红猪

形成量子纠缠通常需要非常苛刻的实验条件，然而，在最近的一项研究中，物理学家让相距**15**厘米的两颗钻石发生了量子纠缠。这说明，普通物体在室温下也能发生纠缠。

很久以前钻石就被人们成对使用——如镶在一副漂亮的耳坠上。现在，物理学家已经设法让相距15厘米的两颗钻石发生了量子纠缠。所谓量子纠缠，是指两个或多个物体之间的空间里存在看不见的联系（假设一对相互纠缠的骰子同时掷出，即便相距遥远，也会投掷出相匹配的点数），只是这种联系相当微弱。因此，物理系统的纠缠实验通常会在高度受控的实验环境中进行——如先将一对孤立原子冷却到接近绝对零度，然后使之发生纠缠。





然而，在最近的一项研究中，英国牛津大学、加拿大国家研究委员会和新加坡国立大学的科学家证明，普通物体在室温下也能发生纠缠。实验对象是两颗人工合成的钻石，边长皆为3毫米。科学家将一道激光分成两束，使之穿过两颗钻石。任何从钻石上散射出的光子都会产生一个声子，声子是晶格振动的能量量子。研究人员会将光子导入一个光子探测器。一旦探测到光子，就说明钻石发生了振动。

“我们知道，探测器里的某个地方有一个声子，”牛津大学的实验物理学家、该研究的参与者之一伊恩·瓦姆斯莱（Ian Walmsley）说，“但我们根本不知道那个声子是来自左边还是右边的钻石，甚至在理论上我们都没法知道。”根据量子力学的观点，这个声子其实不单独属于任何一颗钻石。两颗钻石在这时进入了纠缠态，彼此共有一个声子。

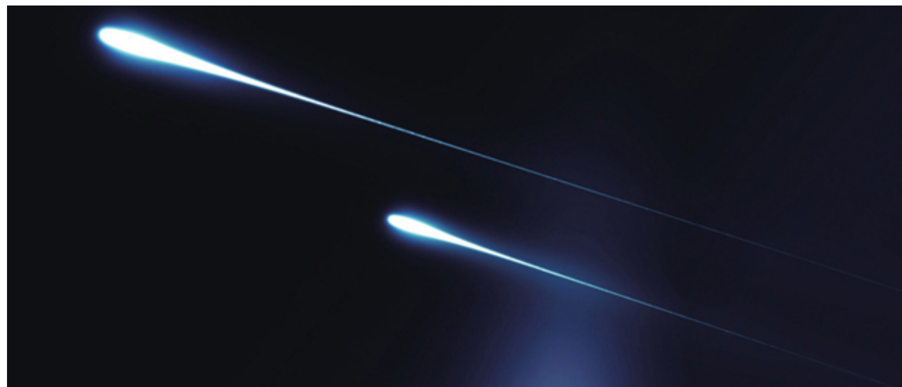
瓦姆斯莱指出，钻石并非量子研究的理想对象，因为它们的纠缠态稍纵即逝。但他也希望，研究者能设法在量子技术中采用更加常见的材料。“我认为，我们的实验为这个方向的研究提供了一个新方案和新例子。”瓦姆斯莱说。

用量子帮你送口信

撰文 | 明克尔（JR Minkel）
翻译 | 虞骏

量子通信的前提是人类能够储存、释放光子和实现量子纠缠。美国的两个研究小组已经利用原子团捕获和释放了单个光子，第三个小组已经实现了两个原子团的量子链接。

在量子计算和量子通信的一个关键步骤中，两个试验小组已经利用原子团捕获和释放了单个光子，第三个小组已经实现了两个原子团的纠缠。许多量子信息方案都取决于量子位，即光子状态的传输。送入光纤的量子位需要定期纯化，这就意味着储存和释放光子。美国哈佛大学和美国佐治亚理工学院的两个小组各自独立地实现了这个目标。他们从铷原子的一个相干量子系综中产生出单个光子，并且将它们送入第二个原子系综中。这些系综可以在一个激光脉冲的作用下变得不透明，从而俘获或储存光子；也可以在另一个脉冲的作用下变得透明，从而释放光子。所有这些都不会减弱光子的量子性能。第三个小组由美国加州理工学院的研究者领导，他们使相隔一个房间的两个系综实现了纠缠，在它们之间创造了一个量子链接。这样的纠缠是传输信号的另一个前提。（详情请查阅2005年12月8日的《自然》杂志。）





离子的天赋

撰文 | 格雷厄姆·科林斯（Graham P. Collins）
翻译 | 王俊

奥地利研究人员先用一个电磁势阱将8个钙离子排成一行，再用激光束使它们处于一个特殊的量子态，即所谓的W纠缠态。在这种状态下，8个钙离子被巧妙地关联在一起。这种状态在量子计算机的纠错方案中是有用的。

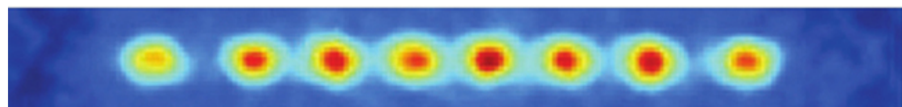
为了能建造一台可以利用量子力学的奇特优越性进行运算的计算机，物理学家们正在对多个全新的技术展开研究，包括超导装置、基于光子的系统、量子点、自旋电子学及分子核磁共振。然而，在最近几个月，从事原子离子俘获的研究小组向人们展示了几个具有里程碑意义的成果，这使得其他几项技术有了紧迫的竞争压力。



量子计算机操纵的是量子位，而不是普通的比特。一个量子位可以

不只是0或者1，也可以是二者的叠加。在这种状态下，0态和1态的部分被组合为单一的状态。

多量子重叠中的一个重要类型就是纠缠态。在这种状态下，每个量子位的状态都通过一种奇妙的方式与伙伴的状态相联系。这一联系被爱因斯坦称为“鬼魅似的远距作用”。例如，当对一个所谓的“薛定谔猫”的状态进行测量时，所有的量子位都将给出相同的结果——0或者1，尽管结果到底是0还是1是完全随机的。“薛定谔猫”这个名词来自于一个著名的思想实验，其中0和1分别对应于猫的死与活，单独的量子位就是猫身体中的粒子。



纠缠：维持在一个势阱中的8个钙离子处在一种特殊的量子态下，即所谓的W纠缠态。在这种状态中，它们的状态被巧妙地关联在一起。这种状态在量子计算机的纠错方案中是有用的。随着粒子数的增加，纠缠态的实现和维持会变得越来越困难。

猫态是量子位纠错技术的基石。由于量子位的状态实在是太脆弱了，它的出错不可避免地给所有实现量子计算的标准途径带来了麻烦。

位于美国科罗拉多州博尔德市的美国国家标准与技术研究院的研究人员，在戴维·瓦恩兰（David J. Wineland）和迪特里希·莱布弗里德（Dietrich Leibfried）的领导下，已经实现了包括4～6个铍离子的猫态。他们先用一个电磁势阱将离子在真空中排成一行，再通过激光来操纵它们的状态。研究小组估计，他们的6离子猫态维持了约150微秒。

在奥地利，因斯布鲁克大学的雷纳·布拉特（Rainer Blatt）和哈特姆特·海夫纳（Hartmut Haeffner）及其同事也依靠一种类似的技术，实现了一个由8个钙离子构成的纠缠态。这一实验实现的是一个“W态”，而不是一个猫态。W态在很多方面要比猫态更稳定。例如，当一个离子从一个W态中跑掉之后，剩下的离子仍然处在一个W态中。而从一个猫态中跑掉一个离子就会破坏掉整个状态。

两个实验的一个共同重点在于，原则上，这些技术都可以组合大量的离子。不过，将这些方法扩大规模的一大障碍就是：纠缠态的质量会随着离子数的增加而下降。为了降低出错的概率，科学家们可以对激光脉冲进行细致的调整，用不同的离子状态来代表0和1，或者再结合采用

另一种不同的离子。

对于一台实用的量子计算机来说，它不仅要能实现特殊的量子位态，而且要在维持其量子特性的条件下对它进行操作。也就是说，必须能在计算机上进行量子运算。在克里斯托弗·门罗（Christopher Monroe）和凯西-安妮·布里克曼（KathyAnne Brickman）的领导下，美国密歇根大学安阿伯分校的一个研究小组已经在一个由两个被束缚住的镉离子组成的系统中，实现了一种被称为格罗弗量子搜索的算法。

搜索算法在一个条目随机排列的数据库中搜索。查找一个特定的项目时，通常需要逐项搜索。量子搜索算法则快得不可思议，因为量子计算机可以在一个叠加状态下，同时对数据库中所有的条目进行搜索。数据库越大，这种加速就越引人注目。例如，100万条目的数据库，只需要进行约1,000次量子查找，而不是整整100万次。

安阿伯分校的实验是对一个相当于有4个条目的数据库进行操作。4个条目由2个量子位来表示。研究人员表示，他们的系统可以进行扩大，以包含更多的量子位。

正如门罗所说："很多人都感到，在建造大规模量子计算机的征途中，离子阱（用来俘获离子的电磁势阱）远远地走在了其他技术的前面。"这些成果的大量涌现毋庸置疑地说明了这一点。

规模扩大

原子离子实验通常采用特别设计的庞大电磁势阱把离子约束在真空中。这虽然适合于包含少量离子的实验，但对于使用量子计算机这样的大规模系统来说，却是非常不现实的。如今，密歇根大学安阿伯分校的研究人员克里斯托弗·门罗、丹尼尔·斯蒂克（Daniel Stick）及其合作者向人们展示了一种集成在半导体晶片上、仅有100微米大小的离子阱。他们用这块晶片俘获了单个镉离子，并通过电极上施加的电信号使它在势阱中移动到不同的位置。这个势阱是采用标准半导体平版印刷工艺制成的，因此，门罗表示，利用现有的技术可以将它扩展到拥有成百上千个电极。

量子照明提升成像精度

撰文｜蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译｜Kingsmagic

闪光灯闪过之后，从被拍摄物体反射回来的光和从其他物体反射回来的光都是成像信号，会使照片变得不清晰；如果闪光灯发出的是纠缠光子，照相机就能通过反射光子与机器内对应的纠缠光子配对，轻松地过滤掉干扰信息。

“鬼魅似的远距作用”是爱因斯坦对量子纠缠概念的著名描述。处于纠缠态的物体能相互关联，无论相隔多远都可以瞬间影响对方。现在，一些科学家提出，这种“鬼魅似的作用”甚至能“阴魂不散”——即便物体之间的关联被破坏，它仍能发挥作用。

量子纠缠是量子计算和量子编码的基础。在此类研究中，物理学家一般借助成对光子进行实验。理论上，无论光子对中的两个光子相隔多远，测量其中一个立即会对另一个产生影响。目前（本文刊于《环球科学》2009年第3期），光子相隔距离的最远记录是144千米：一个光子在西班牙加那利群岛的拉帕尔马岛，另一个则在特内里费岛。





灯光准备，镜头准备……纠缠！理论上，如果闪光设备发出的是纠缠光子，照相机拍出的照片的清晰度将显著提升。

在实际操作中，纠缠是一种极端复杂的情况。背景干扰随时会破坏纠缠态，这是量子计算的一大障碍，因为量子计算只能在纠缠态下进行。美国麻省理工学院的量子物理学家塞思·劳埃德（Seth Lloyd）破天荒地指出，纠缠的“记忆”能逃过被破坏的命运。他用艾米莉·勃朗特（Emily Bronte）的小说《呼啸山庄》（*Wuthering Heights*）里的人物来描述这种效应：凯瑟琳的鬼魂可以通过阴间的一束闪光，与她心爱的量子希斯克利夫交流。

发现这一现象时，劳埃德正在研究如果把纠缠光子用作光源，会发生什么情况。我们可以推测，纠缠光子将有助于成像：普通照相机发出闪光后，会利用从被拍摄物体反射回来的光子成像，但其他物体也会反射光子，让照相机误认为这些光子也是成像信号，结果使照片变得不清晰；如果闪光灯发出的是纠缠光子，照相机就能通过反射光子与机器内对应的纠缠光子配对，轻松地过滤掉干扰信息。

由于纠缠态非常脆弱，劳埃德并没有指望量子照明能派上用场。但他回忆说，因为渴望获得美国国防部高级研究项目局“噪声环境下传感器成像项目”的资助，他决定“硬着头皮做下去”。令劳埃德感到惊讶的是，

他在评估量子照明的可行性时发现，这种技术不仅可行，而且“要想完全发挥量子照明的优势，就必须破坏所有的纠缠”。

劳埃德承认，这个发现让他感到费解。其实不只是他，美国西北大学的量子物理学家普雷姆·库马儿（Prem Kumar）在看到劳埃德的评估之前，对量子照明的优势也持怀疑态度。库马儿说：“大家都想弄明白这是为什么。如果纠缠已不存在，但你又能从纠缠中获益，那就该理论学家出场，去考虑这些收益是由纠缠带来的，还是另有其他因素在起作用。”

劳埃德的意见或许是一种可能的解释：尽管从技术上来说，光子之间的纠缠已完全消失，但纠缠的某些痕迹也许保持到测量后才消失。他说：“你可以将这些光子想象成不同状态的混合体，其中大部分状态都不再纠缠，但某一个或某几个状态仍保持纠缠，正是这几个状态起到了关键作用。”

劳埃德认为，如果量子照明技术可行，就可以使雷达、X射线成像系统、光通信和显微技术的灵敏度提升100多万倍。此外，利用该技术还可以制造更为隐蔽的军用监视设备，这些设备只需要很微弱的信号就能正常运行，因此，可以轻松逃避敌人的搜查。2008年9月12日，《科学》杂志刊登了劳埃德及其同事关于量子照明的理论文章。后来他们又以这篇文章为基础，在《物理评论快报》上发表文章，详细阐述了量子照明的可能应用。

不过，要在实验中证实量子照明效应难度并不小。在整个实验中，最容易的部分是制造纠缠光子：让一束光线穿过特制的下变频晶体（相当于分光器），产生两束相互独立的关联光线，其中一束用于照射物体，另一束作为参考光线。当两束光线反向通过下变频晶体时，便会重新合并，而其中相互纠缠的光子更容易结合在一起，即上变频。但要证实量子照明可提升成像精度，就必须使用微弱光信号，难题就出在这里：因为从技术上来说，制造能使微弱光线以高效率发生上变频的材料是一个巨大的挑战。尽管如此，那时劳埃德仍预言，相关实验可能在2009年年内开展。

库马儿认为，除了能提高成像精度以外，量子照明或许还有助于量子计算和量子编码研究，“量子世界复杂而诡异，但量子照明效应的发现说明，这个世界的每个角落无时无刻不隐藏着惊奇”。

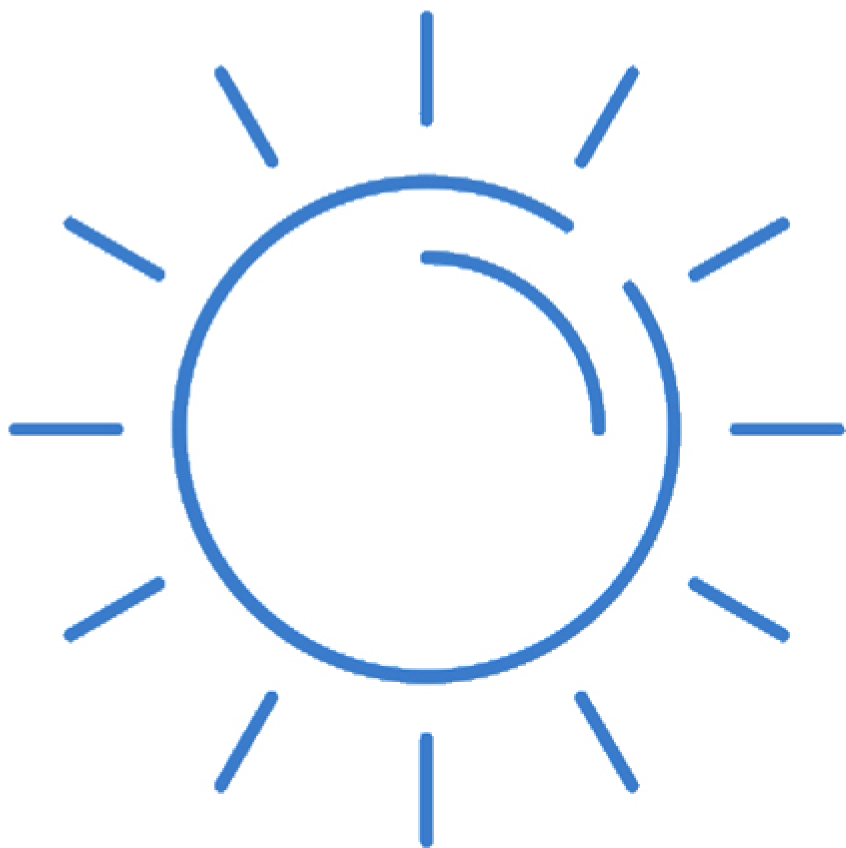
上变频

将具有一定频率的输入信号，改换成具有更高频率的输出信号（通常不改变信号的信息内容和调制方式）的过程。在超外差式接收机中，如果经过混频后得到的中频信号比原始信号高，那么此种混频方式就叫作上变频。

下变频

将具有一定频率的输入信号，改换成具有更低频率的输出信号（通常不改变信号的信息内容和调制方式）的过程。在超外差式接收机中，如果经过混频后得到的中频信号比原始信号低，那么此种混频方式就叫作下变频。

话题六
该死的粒子，你到底在哪里



希格斯机制可以解释为什么有的基本粒子有质量，有的没有，但人类一直没有找到该机制所预言的希格斯玻色子。美国物理学家、**1988**年诺贝尔物理学奖获得者利昂·莱德曼（**Leon Lederman**）在《上帝粒子》中写道："宇宙中有一个无所不在、幽灵一样的大坏蛋，正在阻止我们理解物质的真正本质……"莱德曼给它取名"该死的粒子"，被出版商改成"上帝粒子"。**2012**年**7**月**4**日，欧洲核子研究中心大型强子对撞机研究组宣布探测到疑似希格斯玻色子的粒子，**9**个月后再次确认这一发现。苦等了**48**年之后，希格斯终于因此获得诺贝尔物理学奖。

寻找希格斯粒子

撰文｜亚历山大·埃勒曼（Alexander Hellemans）
翻译｜王栋

希格斯粒子是粒子物理标准模型预言的一种粒子，被称为“上帝粒子”。这种粒子始终没有被人类发现。欧洲的大型强子对撞机和美国费米实验室的万亿电子伏特加速器正在展开竞赛，看谁能先找到这种粒子的行踪。

几个月后（本文刊于《环球科学》2007年第4期），世界上最大的加速器——大型强子对撞机（Large Hadron Collider，LHC）将在日内瓦附近的欧洲核子研究中心开始运转。但在若干年内，它的风头很难盖过美国费米实验室（位于伊利诺伊州的巴达维亚市）的万亿电子伏特加速器（Tevatron）。因为在万亿电子伏特加速器上，人们似乎找到了独立的顶夸克——2006年12月，这一发现被公之于众。多年来，科学家一直在苦苦寻找希格斯粒子，迄今一无所获。独立顶夸克的现身，有助于缩小希格斯粒子的搜索范围，有可能使费米实验室在这场“寻宝大赛”中占得先机。

上帝粒子

粒子物理标准模型的建立是20世纪物理学的重大成就之一，能解释粒子如何通过电磁力、弱核力和强核力的相互作用组成宇宙中的物质。该模型所预言的许多基本粒子已经被实验室发现并证实，然而，它的理论基石——希格斯粒子却始终没有被人发现。按照标准模型的假设，希格斯粒子是物质的质量之源，其他粒子在希格斯粒子构成的“海洋”中游弋，受到希格斯粒子的作用而产生惯性，这才拥有了质量。在这一基础之上，所有的粒子相互作用，统一于标准模型之下，构筑出大千世界。因为上帝创造了万物，所以构建万物质量的基石——希格斯粒子——也就被称为“上帝粒子”。



费米实验室的主注入环（近端）将经过加速的粒子送入万亿电子伏特对撞环（远端）。对撞环直径2,000米，位于10米深的地下。粒子的碰撞产生了独立的顶夸克。

1995年，费米实验室的科学家在正反质子的对撞中，首次发现了顶夸克，这是6种夸克中最重、最神秘的一种。正反质子的对撞同时产生了顶夸克和它的反粒子——反顶夸克。正反顶夸克通过强核力结合在一起，形成正反顶夸克对。根据粒子物理的标准模型，顶夸克也有极小的概率在粒子碰撞中通过弱核力而产生。强核力可以将夸克束缚在一起，弱核力则会引发放射性衰变，还会使夸克从一种“味”变成另一种“味”。不过，这种由弱核力产生的顶夸克可以单独出现，而没有反顶夸克伴随左右（另一种不同的反夸克——反底夸克，会和顶夸克一起出现）。

顶夸克的确认过程

在2002年以来的上万亿次碰撞中，费米实验室万亿电子伏特加速器的DZero研究小组发现了62例记录到独立顶夸克出现的事件。德国卡尔斯鲁厄大学的托马斯·米勒（Thomas Müller）说：“数据必须经过至少两次，甚至三次反复确认，才能真正为科学研究所用。”他是费米实验室CDF研究组的成员，这个研究组也在万亿电子伏特加速器上寻找独立的顶夸克。DZero研究小组的成员安·海因森预计，不出一年，DZero研究小组就能够分析足够大量的数据，确凿无疑地辨别出一个

独立顶夸克。

独立的顶夸克不仅产量极少，特征也不够明显。美国加利福尼亚大学河滨分校的物理学家安·海因森（Ann Heinson）说："那些看起来很像是独立顶夸克的粒子信号，总是处于很强的本底噪声信号之中，让人难以分辨。"海因森是DZero研究小组的领导者之一，这个小组和另一个研究团队都在利用万亿电子伏特加速器寻找独立的顶夸克。

在2002年以来记录的上万亿次粒子对撞中，DZero小组目前已经识别出62例似乎有独立顶夸克出现的事件。尽管算不上确凿的证据，但这些数据仍然大大增强了研究人员的信心，他们希望击败欧洲核子研究中心的大型强子对撞机，用万亿电子伏特加速器率先捕捉到希格斯粒子。希格斯粒子是粒子物理标准模型预言的一种粒子，又被称为"上帝粒子"，它可以解释为什么质子、中子和其他物质会拥有质量。

探测独立的顶夸克被视作利用万亿电子伏特加速器寻找希格斯粒子的一场预演。DZero希格斯物理研究组的另一位领导者、法国巴黎大学的格雷戈里奥·伯纳迪（Gregorio Bernardi）说："如果希格斯粒子拥有相对较小的质量，它的衰变特征就会与独立顶夸克类似——衰变成一个W粒子、一个底夸克和一个反底夸克。"这种相似性使该小组可以把探测独立顶夸克所用的先进分析技术应用于搜寻希格斯粒子。海因森补充说："对于独立顶夸克的本底信号（指影响测量的背景干扰信号），我们改进了分析与建模的方法，这些进步都可以直接套用到对希格斯粒子的探测上。"在本底噪声信号方面，万亿电子伏特加速器比大型强子对撞机更有优势。在万亿电子伏特加速器中，质子与反质子对撞，因此，它们的组成成分——夸克和反夸克也会直接相撞。而在大型强子对撞机中，质子与质子发生对撞。虽然夸克最终会与反夸克相撞，不过，这个反夸克出现在一片正反夸克对不断出现和消失的虚粒子海洋之中——这无疑增加了数据分析的难度。

虚粒子

在量子力学中指永远不能被直接检测到、但确实存在可测量效应的粒子。虚粒子不是为研究问题方便而人为引入的概念，而是一种客观存在。根据不确定性原理，时间和能量是一对共轭量，其中一个量被定义得越准确，另一个量就越不准确。也就是说，在真空中一个极短的时间内会出现极大的能量起伏，从这种能量起伏产生的粒子就是虚粒子。当能量恢复时，虚粒子湮灭。

从目前看来，万亿电子伏特加速器进展顺利。2007年1月，费米实验室碰撞探测器（Collider Detector at Fermilab，CDF）国际合作研究组宣布，他们将W粒子的质量限定在0.06%的误差范围以内，这是迄今测得的最好结果。对W粒子质量的最新测定，将希格斯粒子的质量上限从1,660亿电子伏特降到1,530亿电子伏特，因此，希格斯粒子的质量处于其质量下限1,140亿电子伏特附近的可能性有所增加。根据爱因斯坦的质能方程，能量等价于质量，因此，1亿电子伏特就相当于1.79×10^{-28}千克。

CDF研究组成员、意大利帕多瓦大学的托马索·多里戈（Tommaso Dorigo）指出，如果希格斯粒子的质量接近1,140亿电子伏特，大型强子对撞机找到希格斯粒子的难度就会比万亿电子伏特加速器更大。大型强子对撞机需要探测由希格斯粒子衰变产生的两个γ光子，它们往往处于强烈的本底噪声信号中。而万亿电子伏特加速器要探测的则是，希格斯粒子衰变产生的底夸克和反底夸克，难度要小得多。

不过，费米实验室也许无法发现质量超过1,300亿电子伏特的希格斯粒子，因为万亿电子伏特加速器的对撞能量只有大型强子对撞机的1/7。欧洲核子研究中心的实验物理学家戴维·普拉内（David Plane）解释说，如果希格斯粒子真有这么重的话，大型强子对撞机很快就能找到它们。不过，普拉内也承认："在寻找较轻的希格斯粒子方面，万亿电子伏特加速器几乎是无可替代的，这一情况至少可以维持到2010年以后。"

碰撞粒子一网打尽

撰文 | 达维德·卡斯泰尔韦基（Davide Castelvecchi）
翻译 | Kingmagic

为了找到“通缉”了很久的希格斯粒子，传统思路是利用大型强子对撞机产生重粒子并捕捉其衰变产生的特殊信号。而一种新的思路是利用计算机程序分析所有数据，并与粒子物理标准模型的预测进行比对。

经历过2008年首次启动的失败，大型强子对撞机终于在2009年10月开始了它的实验之旅。这个由欧洲核子研究中心在日内瓦附近建造的宏伟工程是一台新一代原子粉碎机，它最终或许撞不出暗物质、迷你黑洞或其他奇形怪状的东西，但无论结果是什么，要将它们分辨出来都是一项极为艰巨的任务。一种目前尚存争议的数据处理方案也许能够助物理学家一臂之力，确保没有任何漏网之鱼。

大型强子对撞机开机运行

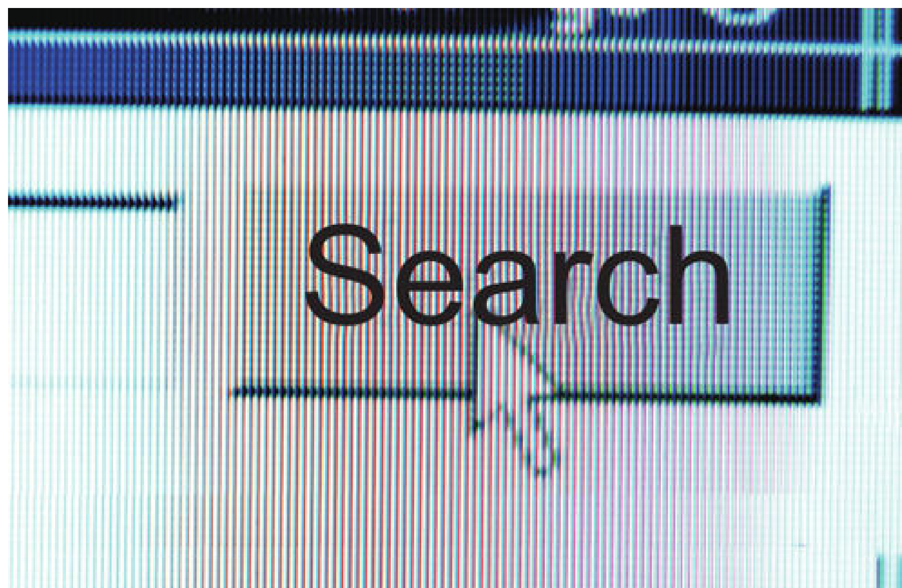
2008年9月10日，第一批质子被导入大型强子对撞机的环形隧道，宣告人类历史上最大规模的高能物理实验正式启动。大型强子对撞机可以把质子加速到光速的99.9999991%，再让它们迎头相撞，使巨大的能量挤压在极小的空间范围内，以重现宇宙大爆炸最初几微秒的极端环境。科学家预计，大型强子对撞机可能发现粒子物理标准模型的预言中尚未被发现的最后一种粒子——希格斯粒子，还有可能揭开宇宙中暗物质的本质，甚至找到四维空间以外还有其他维度存在的证据。

无论是大型强子对撞机，还是万亿电子伏特加速器之类的其他加速器，都是先将质子或其他粒子加速到非常接近光速，接着让它们在碰撞中碎裂。多亏了爱因斯坦的质能方程$E = mc^2$，碰撞中的一部分能量会转变成罕见的重粒子，又几乎在产生的一瞬间衰变成数以百计更为常见的粒子（我们已经知道的常见粒子多达好几十种）。大型强子对撞机开机运行上的巨大探测器能够记录这些粒子碎片的运动轨迹，并以相当于每秒刻满一张CD光盘的速度输出数据。

物理学家将在如此海量的数据中，搜寻重粒子衰变产物的特定组

合，这是碰撞中产生过新粒子的线索。他们将寻找希格斯玻色子的踪迹，科学家认为这种被“通缉”了很久的粒子给其他所有粒子赋予了质量。他们还将寻找一类全新的粒子，能够让我们首次有机会窥探更高能标下的物理规律。

传统的数据搜寻方法类似于用计算机程序在文档中查找字母组合H-I-G-G-S，一些人担心这种方法会让我们错过一些前人没有预料到的新奇线索。多年来，费米实验室的布鲁斯·克努特森（Bruce Knuteson）和斯蒂芬·姆赖瑙（Stephen Mrenna）一直主张用一种更“整体”的方案来代替传统方法，他们称之为全局搜索。他们没有去寻找个别特殊信号，而是编写了一个计算机程序，来分析所有数据，并与粒子物理标准模型的预测进行比对。标准模型囊括了目前已知的所有粒子物理法则，因此，这个程序标出的任何偏离标准模型的信号都可能暗示碰撞产生过新粒子。这就好比不是为了搜寻某个单词而在一大堆文本里查找，而是把其中出现的所有单词逐一拿来和手头的词典比对，标出那些看上去没有被词典收录的外来词汇。



有时，常见粒子的相互作用也会表现得比较奇特，很像有其他更有趣的粒子参与其中。为了减少这类事件引起的误报，物理学家可以在程序中设定一个阈值，只有当特殊事件出现的次数超过这个值时，程序才会提醒实验者可能发现了新粒子。“这么做是考虑到我们会在许多不同位

置展开搜寻这一事实。”克努特森解释说。

克努特森、姆赖瑙和其他同事一起，对万亿电子伏特加速器取得的旧数据展开了全局搜索。理论上，这些数据中可能隐藏着常规搜索并未触及的异常粒子。这个研究小组没有发现任何具有统计学意义的异常现象，因此，他们没有公布任何新的发现。不过，这并不意味着徒劳无功，起码表明全局搜索不像某些物理学家所担心的那样会经常误报。现在已经淡出学术前沿的克努特森说，这些结果代表了迄今为止对标准模型的最严格检验。2009年1月的《物理评论D卷》（*Physical Review D*）公布了这些结果。

英国牛津大学的物理学家路易斯·莱昂斯（Louis Lyons）认为，克努特森小组的统计结果是可靠的，不过加拿大多伦多大学的佩卡·西内尔沃（Pekka Sinervo）对此表示怀疑。这位参与过万亿电子伏特加速器和大型强子对撞机开机运行实验项目的物理学家指出，“那些研究者不得不把许多目前仍知之甚少的效应‘扫到地毯下面’，不对它们进行直接处理”，这意味着全局搜索本身就会产生大量难以解释的信号。尽管他不否认全局搜索可能有些用处，但不能用这种方法替代对个别特殊现象进行的有目的搜寻，他“不相信有谁能用这种方法在大型强子对撞机上有任何初步的发现”。

“这种说法或许没错，”德国弗赖堡大学的物理学家萨沙·卡伦（Sascha Caron）评论说，“不过自从克努特森10年前首次提出这个概念以来，粒子物理学界的许多人都开始热心于全局搜索。”卡伦及其同事也开发出了他们自己的搜索软件，他们称之为通用搜索。这套搜索软件目前正在德国汉堡电子同步加速器（DESY）实验室的一个试验项目上运行，他们还计划将该软件用于大型强子对撞机开机运行。

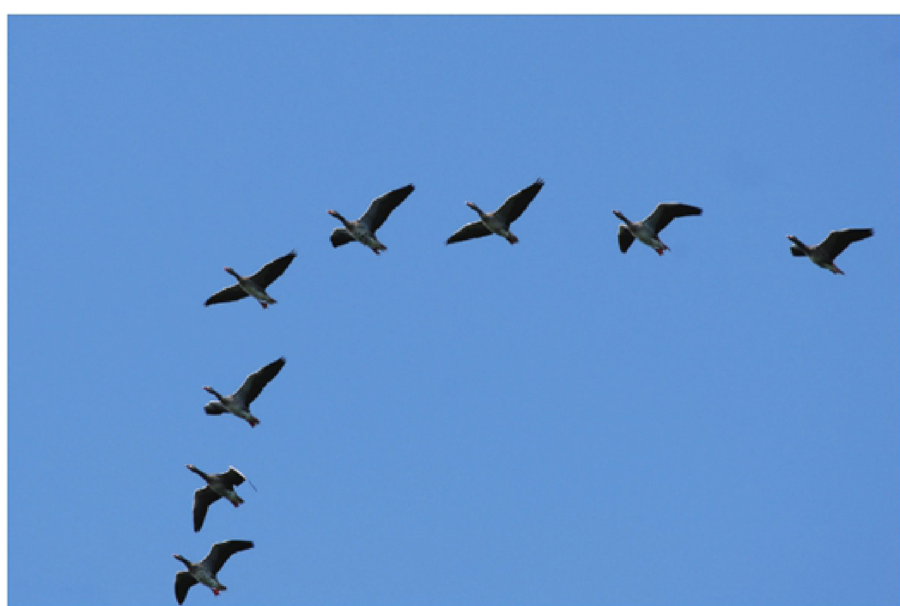
姆赖瑙指出，对万亿电子伏特加速器数据进行全局搜索的经验能帮助物理学家理解如何来解释数据，例如，探测器如何跟不同的粒子发生作用。因为各个实验小组之间几乎不交流实验记录，所以他们对探测器反应机制所持的假设可能相互抵触。姆赖瑙说：“如果着眼于全局，那就一切皆有意义。”

成群结队的粒子

撰文 | 阿米尔·阿克塞尔（Amir D. Aczel）
翻译 | 庞玮

尽管运行6个月后，大型强子对撞机在探测希格斯粒子上仍无建树，但一个有趣的现象引起了物理学家的注意——2个质子对撞通常会产生至少110个新粒子，科学家们发现这些产物粒子似乎都朝同一个方向飞射。这是什么原因？

位于日内瓦的大型强子对撞机投入运行6个月之后，神秘的希格斯玻色子仍不见踪迹，有关暗物质起源和时空隐藏维度的探索也没有任何头绪。虽然在这些被寄予厚望的目标上大型强子对撞机尚无建树，一个非常有趣的问题却在运行中浮现出来。2011年2月，假期停止运行的大型强子对撞机重新启动，科学家会对此一探究竟。2010年夏天，物理学家发现，在大型强子对撞机的质子对撞产物中，一些粒子的飞行轨迹似乎有某种协同性，就像一群阵形整齐的候鸟一般。大型强子对撞机上两大常规实验设备之一CMS（Compact Muon Solenoid，紧凑型μ子螺旋磁谱仪）的发言人圭多·托内利（Guido Tonelli）称，这种现象极为反常，“在确认它并非假象之后，我们就一头扎进了这个问题中”。



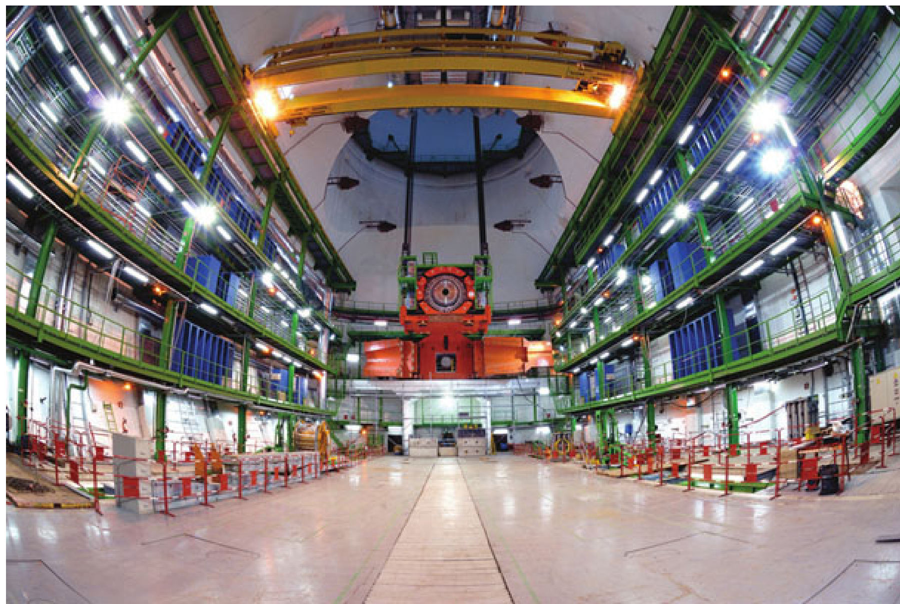
大型强子对撞机展示的现象非常微妙，2个质子对撞通常会产生至少110个新粒子，科学家发现这些产物粒子似乎都朝着同一方向飞射。美国麻省理工学院的弗兰克·维尔切克（Frank　Wilczek）说，这样的高能质子对撞可能揭示出“质子内部新的深层结构”。另一种可能是，粒子内部具有比目前所知更为丰富的关联。“以如此之高的能量碰撞，相当于我们在用前所未有的快门和分辨率给质子拍快照。”维尔切克这样解释大型强子对撞机的作用。

根据维尔切克和同事提出的一个理论，在用大型强子对撞机这么高的分辨率去看质子时，你会看到一团稠密的胶子介质。胶子是一种无质量粒子，在质子和中子内部发挥作用，控制着夸克的行为方式。要知道，所有质子和中子都是由夸克构成的。“有可能是这样，”维尔切克说，“这团介质中的胶子通过相互作用彼此关联，而这些相互作用又在碰撞中被传递到了新粒子身上。”

紧凑型μ子螺旋磁谱仪

简称CMS，是欧洲核子研究中心建造的、世界上能量最高（对撞能量达14万亿电子伏特）的大型强子对撞机的一部分。大型强子对撞机建造经费达25亿瑞士法郎（约合160亿元人民币），包括四个大型探测器：紧凑型μ子螺旋磁谱仪（CMS）、LHC超导环场探测器（ATLAS）、大型离子对撞机实验探测器（ALICE）和底夸克探测器（LHCb）。大型强子对撞机旨在利用先进的超导磁铁

和加速器技术，获得高能量和高性能束流，寻找理论上预言的希格斯玻色子、超对称伙伴粒子，和对顶夸克及底夸克进行系统研究。而其中CMS和ATLAS的主要物理目标是寻找希格斯玻色子、研究CP破坏（指在弱相互作用下宇称不守恒）和超对称。



质子是宇宙中最常见的粒子之一，科学家曾认为我们已经对它的性质了如指掌。如果上述现象被大型强子对撞机研究组的其他物理学家证实，则无疑会成为关于质子的又一项惊人发现。

希格斯玻色子的意义

撰文 | 罗伯特·加里斯托（Robert Garisto） 阿布舍克·阿加瓦尔（Abhishek Agarwal）
翻译 | 王栋

2012年7月4日，大型强子对撞机研究组宣布发现了一种新粒子，但目前尚不能确定这种新粒子就是粒子物理标准模型中的“上帝粒子”——希格斯粒子。新粒子与理论预言并不完全吻合，难道还有一些更深层的效应存在？

2012年7月4日，当欧洲核子研究中心的大型强子对撞机研究组宣布发现了一种新粒子时，他们并没有称之为“希格斯玻色子”。这并不仅仅是因为科学家们特有的谨慎，它还意味着，这一声明标志着一个意义深远的时刻的到来。我们抵达了一个长达数十年的理论、实验和技术“长征”的终点，而同时，这又是物理学新纪元的起点。

对这种粒子的探寻，始于英国爱丁堡大学物理学家彼得·希格斯（Peter Higgs）在1964年发表的一篇论文中的描述。在当时，描述所有已知基本粒子的理论（现称为粒子物理标准模型）才刚刚开始建立。标准模型提出了数百条可经实验证明的预言，并且在它出现后的几十年里，每次实验的结果都证明了其正确性。希格斯玻色子是标准模型这个“拼图”中缺失的最后一块，它能将现在所有已知的物质粒子（费米子）和传递力的粒子（玻色子）联系到一起。它为我们描绘了一幅亚原子世界如何运作的引人入胜的画面，但我们还不知道，这幅画是否仅仅是更为广阔的画面中的一部分。

标准模型部分基于电弱对称性，这种对称性将电磁力和弱核力统一了起来。然而，传递这两种力的粒子质量相差巨大，显示出对称性的破缺。这就需要理论物理学家们来解释这两种力之间为什么会存在如此大的差距。1964年，在《物理评论快报》上，分别由希格斯，弗朗索瓦·恩格勒特（François Englert）和罗伯特·布鲁（Robert Brout），杰拉尔德·古拉尔尼克（Gerald Guralnik）、卡尔·哈根（Carl Hagen）和汤姆·基布尔（Tom Kibble）发表的三篇不同的论文，向我们展示了一片无处不在

的“量子海洋”。它被称为“零自旋场”，能够解决对称性破缺的问题。希格斯提到，这片海洋中存在的波动对应着一种新粒子——一种后来以他的名字命名的玻色子。

零自旋场

指描述自旋为0的粒子运动规律的场。在量子力学中，自旋与质量、电荷一样，是粒子的内在属性。自旋为0的粒子从各个方向上看都一样，就像一个点；自旋为1的粒子在旋转360°后看起来一样。物理学家根据自旋大小将粒子分为两类：具有半整数自旋（如1/2、3/2等）的粒子被称为费米子（如电子）；具有整数自旋（如0、1等）的粒子被称为玻色子（如光子）。

作为标准模型的关键之钥，这种粒子或许是最难被发现的——它需要建造更大的对撞机来产生足够数量、足够高能量的碰撞。然而，即便完成了标准模型，也并没有解决粒子物理学的全部问题。实际上，希格斯粒子的发现或许指引了一条道路，让我们能抵达这一宏伟理论之外更为广阔的领域。

实验物理学家们仍需要进一步确认，这种新粒子的确是零自旋的希格斯玻色子。下一步，他们必须以极高的精度测试希格斯粒子如何同其他粒子相互作用。直到撰写这篇报道时，它的耦合行为同理论预言还不是十分吻合，这或许只不过是统计波动，也可能是还有一些更深层效应存在的迹象。与此同时，实验物理学家们还需要继续测量记录数据，来看看是否有不止一种希格斯玻色子存在。

这些测量都很重要，因为理论物理学家们已经建立起许多假想模型，以将标准模型置入一个更广阔的物理框架中，而且这些假想模型中的许多都预言了多种希格斯粒子的存在，或同一般耦合行为的偏差。这些模型涉及额外的费米子和额外的玻色子，甚至空间的额外维度。最受关注的更大尺度的理论框架是超对称性，它假想每一种已知的费米子都有一个未被发现的伴随玻色子，每一种已知的玻色子都有一个未被发现的伴随费米子。如果超对称性正确的话，将存在不止一种希格斯玻色子，而是至少五种。所以，我们只是刚刚开始探索一个全新的领域。



超对称理论“穷途末路”？

撰文｜达维德·卡斯泰尔韦基（Davide Castelvecchi）
翻译｜王栋

为了解答粒子物理标准模型无法解决的问题，理论物理学家提出超对称理论，让每一种费米子和玻色子各自拥有一个“超对称伙伴粒子”。大型强子对撞机应该具备制造超对称伙伴粒子的能力，然而，直到现在，科学家们依然一无所获。

作为能够描述基本粒子的完整理论“王国”，物理学家构想出的超对称理论迄今已有数十年历史了。它能完美解答目前粒子物理标准模型无法解决的谜题，如宇宙中的暗物质究竟是什么。然而，现在，有人对这一理论产生了怀疑，因为人类历史上最强大的对撞机——大型强子对撞机，至今没有发现任何可以揭示未知物理机制的新现象。尽管在大型强子对撞机上进行的研究才刚刚起步，但一些理论物理学家仍忍不住要问：如果最终发现超对称根本不存在，物理学将何去何从？



“无论怎么找，我们就是什么也发现不了。这就意味着，我们没有发现任何与标准模型相左的现象。”LHC超导环场探测器（A Toroidal LHC Apparatus，ATLAS）的领军科学家、意大利国家核物理研究院帕维亚分部的贾科莫·波莱塞洛（Giacomo Polesello）说。像高楼大厦一样的ATLAS是大型强子对撞机加速环上的两台通用探测器之一，由3,000多位来自不同国家的研究人员建造并维护运行。而根据2012年3月在意大利阿尔卑斯山举行的学术会议上公布的最新消息，另一台探测器——紧凑型μ子螺旋磁谱仪同样没有任何发现。

20世纪60年代，理论物理学家提出了超对称理论，以期将自然界中的两类基本粒子（费米子和玻色子）联系起来。粗浅地说，费米子是物质的组成部分（电子就是一个典型例子），而玻色子是基本作用力的携带者（如电磁相互作用中的光子）。超对称理论将为每一种已知的玻色子配上一个重的费米“超对称伙伴粒子”（简称“超伴子”）；而每一种已知的费米子也会有一个重的玻色超伴子。“这将是我们对这个世界做出终极解释的下一步，在那里，一切都是对称和完美的。”美国斯坦福直线加速器中心国家加速器实验室的理论物理学家迈克尔·佩斯金（Michael

Peskin）解释说。

位于瑞士日内瓦附近的大型强子对撞机是欧洲核子研究中心的顶级对撞机，应该具备制造这类超伴子的能力。现在，大型强子对撞机已经将撞击质子的能量从2011年的3.5万亿电子伏特提高到4万亿电子伏特。碰撞后，这一能量会分布到构成质子的夸克和胶子中，因此，碰撞能够制造出质量相当于1万亿电子伏特能量的新粒子。然而，虽然科学家赋予了它极高的期望值（而且能量值也不低），大自然却仍然拒绝合作，至少到目前为止是这样：大型强子对撞机的物理学家一直在寻找新粒子的痕迹，却一无所获。如果超伴子确实存在，那么它们必定比许多物理学家预计的更重。"坦率地讲，"波莱塞洛说，"目前的情况是，我们已经推翻了很多简单模型。"他的同事——美国劳伦斯伯克利国家实验室的伊恩·辛奇利夫（Ian　Hinchliffe）也附和道："看看已经被排除在外的质量范围和粒子种类，它们的数量已经相当可观了。"

大多数理论物理学家并没有因此而沮丧，佩斯金说："仍有一些颇为可行的途径可以用来构建超对称模型。""仅仅采集了一年的数据，就想看到新的物理学机制是不现实的。"紧凑型μ子螺旋磁谱仪研究组的理论物理学家约瑟夫·利根（Joseph Lykken）评论道。



当初建立超对称模型本来是为了解决一些难题，可是令其他一些人感到不安的是，要想解决这些难题，至少其中一些超伴子就不应该太

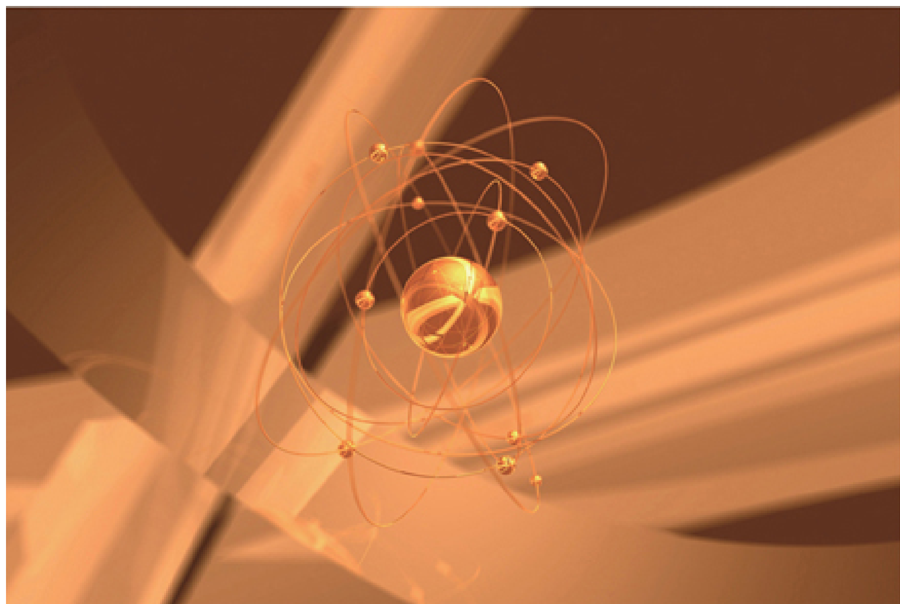
重。例如，为了构成暗物质，它们的质量必须不超过零点几个万亿电子伏特。

对大多数物理学家来说，希望超伴子能轻些的一个更重要的原因在于大型强子对撞机的另一个主要目标——希格斯玻色子。根据设想，一切拥有质量的基本粒子都是通过与这种粒子的相互作用来获得质量的。此外，基本粒子同短暂存在的“虚粒子”晕之间的相互作用，对其质量也有次要贡献。在大多数情况下，标准模型里的对称性保证了这些虚粒子互相抵消，所以它们对质量的贡献有限。具有讽刺意味的是，希格斯粒子自己却是个例外。根据标准模型计算，会得到它的质量无穷大这样一个荒谬的结果。超伴子能够扩大互相抵消粒子的范围来解决这一谜题。根据2011年12月发表的初步结果，希格斯粒子的质量约为0.125万亿电子伏特，正好位于超对称理论预测的范围之中，但前提是，超伴子的质量要相当低。

如果最后证明，事实并非如此，那就要另寻解释。2011年，英国伦敦大学学院的理论物理学家布赖恩·林恩（Bryan Lynn）提出了一种解释：在标准模型中，此前没有给予重视的对称性可以保证希格斯粒子的质量有限。其他一些科学家认为，林恩的想法最多只能算是提供了部分解释，限制希格斯粒子质量的，肯定还有标准模型之外的其他重要物理机制——如果不是超对称理论，就应该是理论物理学家提出的其他理论中的一种。其中一个热门后备理论是：希格斯玻色子不是基本粒子，它也是由其他粒子构成的，就像质子是由夸克构成的一样。遗憾的是，大型强子对撞机还没有足够的数据来对该假说一辨真伪，欧洲核子研究中心的克里斯托夫·格罗琴（Christophe Grojean）说。一些更玄乎的理论，如除了通常的三维之外，空间还拥有更多维度等，就不是大型强子对撞机所能验证的了。“目前，每一个理论都有问题，就我个人来说，无法告诉你哪个更好些。”欧洲核子研究中心的另一位理论物理学家吉安·弗朗切斯科·格尤戴斯（Gian Francesco Giudice）评论道。

LHC超导环场探测器和紧凑型μ子螺旋磁谱仪还在继续收集数据，它们要么会发现超伴子，要么将排除更大范围的可能质量。虽然它们或许永远无法彻底否认超伴子的存在，但如果大型强子对撞机最终还是没能发现这种粒子，超对称理论或许就会渐渐淡出人们的视野，即便那些最坚定的支持者也会对它失去兴趣。对于超对称理论，以及以此为基础而建立的大一统理论来说，那将是一次严重的打击。辛奇利夫说：“我们将

发现的最有趣的东西，将会是所有人都没能预想到的。”



超对称理论有望被证实

撰文｜玛吉·麦基（Maggie McKee）
翻译｜王栋

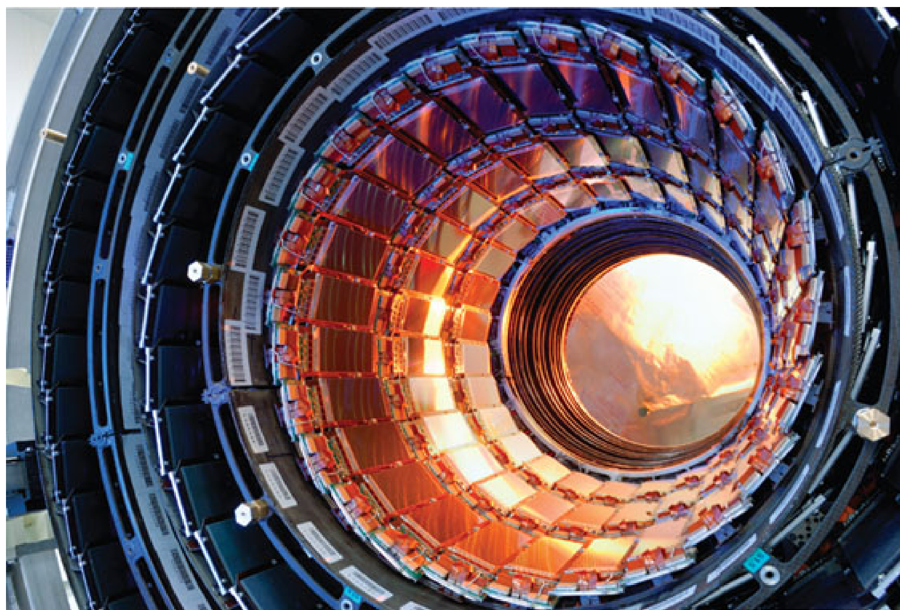
能证实超对称性存在的证据，或许已经出现在了世界上最强大的粒子对撞机里。**2011**年和**2012**年大型强子对撞机发现了两种粒子的少许过量现象，这是不是超对称伴子留下的痕迹？

目前，物理学似乎走进了一条死胡同。循着所谓“标准模型”指引的道路探索前进了数十年后，物理学家终于在2012年成功到达终点：该模型中最后一个未曾发现的粒子——希格斯玻色子终于现身。虽然标准模型可以对已知粒子的行为进行完美的描述，但它仍无法解释包括暗物质在内的一些现象。所以，许多物理学家都将目光投向了超对称理论，希望能从中获得一些线索。

超对称理论指出，每一种已知粒子都有一个质量更大的“同伴”（即超对称伴子），这就可以解释暗物质的存在。此外，对于作为其他粒子质量之源的希格斯玻色子本身为什么具有特定质量，该理论的某些版本也能给出答案。

不过，利用世界上最强大的粒子对撞机——欧洲核子研究中心的大型强子对撞机，科学家对超对称伴子进行了仔细搜寻，到目前为止还一无所获，这给超对称性的存在蒙上了一层阴影。“不少人都感到悲观。”美国石溪大学的戴维·柯廷（David Curtin）说。

最近，有两组研究人员同时提出：是否存在一种可能，超对称伴子确实存在，只是物理学家没能发现它们存在的痕迹。如果超对称伴子不是以一种明显的方式暴露自己，而是恰好具有合适的质量，能够衰变成能量一般的普通粒子，或其他不易觉察到的粒子，那这种可能性就是存在的。这样的话，即便某些超对称伴子确实留下了痕迹，也会淹没在混杂的普通粒子中。“超对称性的信号或许就藏在我们眼皮底下。”柯廷说，他本人就是其中一个研究组的成员。



欧洲核子研究中心的大型强子对撞机

如果真是这样，就能解释LHC在这次停机升级之前，曾于2011和2012年发现的两种粒子的少许过量现象了。在2014年6月独立发表于预印本（预印本是指还未在正式出版物上发表的研究成果，科研工作者出于和同行交流的目的，自愿先在学术会议上或通过互联网发布的科研论文、科技报告等文章）网站的两篇论文中，两个研究组都认为，普通顶夸克的超对称伴子（被称为“顶超对称夸克”）以及其他两种超对称伴子，不仅能够解释大型强子对撞机的观测结果，它们具有的质量分数也与由希格斯玻色子的特定质量推算出的数值正好吻合。

不过，其他研究人员对此持不同意见，他们认为对标准模型反应过程产生粒子数量的低估，也至少能解释部分超量现象。“现在就说上述测量结果可能预示着新的物理理论还为时过早。”戴夫·查尔顿（Dave Charlton）评论说，他是观测到这种少许过量现象的一个大型强子对撞机研究组的成员。

这一争论可能在2015年得到解决。到那时，运行能量得到提升的大型强子对撞机会“满血复活”，重新运转。“我们非常期待发现超对称性的证据，”美国华盛顿大学的理论物理学家安·纳尔逊（Ann Nelson，未参与此项研究）说，“但是现在，我仍然持谨慎态度。”她补充道：“最初发现的微弱迹象，往往都是显著现象的‘冰山一角’。”

发现五夸克粒子

撰文 | 玛丽亚·特明（Maria Temming）
翻译 | 马骁骁

早在50多年前，物理学家就预言了五夸克粒子的存在。最近，大型强子对撞机终于在海量数据中发现了五夸克粒子，这项发现激起了人们探索其他未知粒子的好奇心。

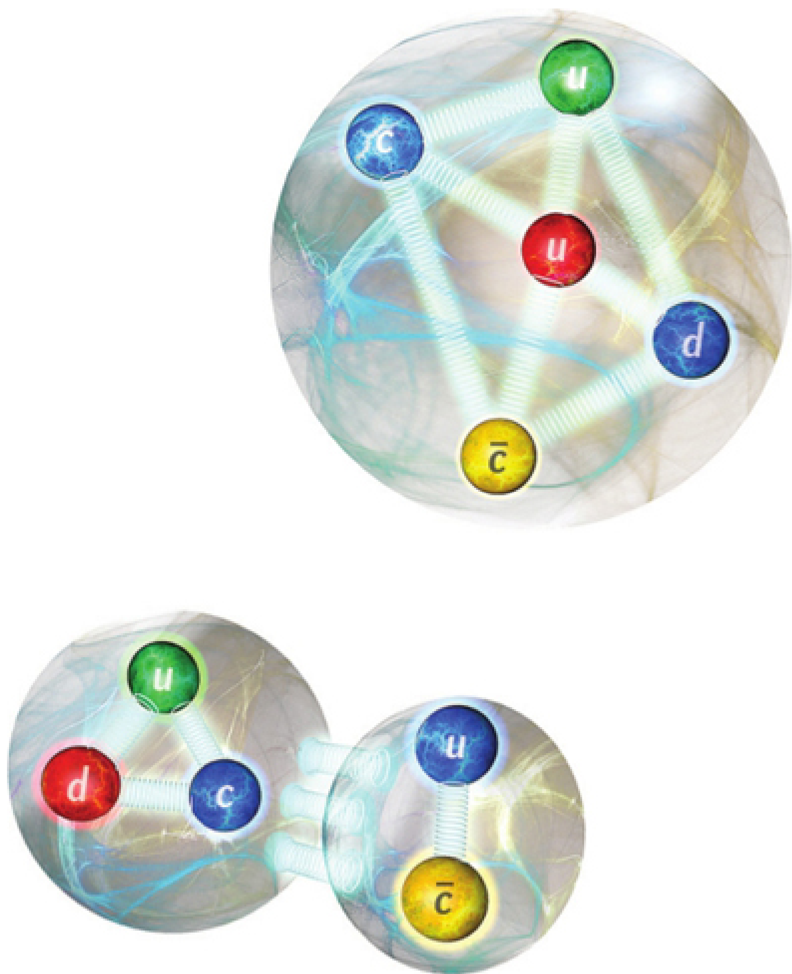
近年来，位于瑞士日内瓦附近的欧洲核子研究中心利用大型强子对撞机发现了包括大名鼎鼎的希格斯玻色子在内的大量新粒子。最近，科学家又在海量数据中有了新的发现——五夸克粒子。夸克是组成质子和中子的基本单元，而新发现的粒子包含有五个夸克。早在50多年前，物理学家就预言了五夸克粒子的存在，如今终于被实验证实。这个发现将帮助科学家进一步理解，物质的基本单元是如何结合，并形成我们所知的宇宙的。

在五夸克粒子被发现以前，人们在亚原子碰撞中发现的碎片不是由三个夸克组成的重子（包括质子和中子），就是由夸克 - 反夸克对构成的介子。物理学家十分困惑为何夸克的结合方式如此之少，因为描述夸克的数学模型并没有在理论上禁止其他结合方式。尽管一些研究组声称发现了由三个以上夸克组成的新粒子——如由两个夸克和两个反夸克组成的Zc（3900），但美国匹兹堡大学的物理学家埃里克·斯旺森（Eric Swanson）称，这些实验结果均存在争议。10年前曾有研究声称观测到了五夸克粒子，但后来人们发现该结果并不正确。

然而，这次的实验结果看起来十分可靠。斯旺森（未参加这次实验）说："我搞这行已经30年了，见过形形色色的数据。这次的数据很清晰，而且我还没看到其他足以令人信服的解释。"大型强子对撞机的研究人员已将这项工作发表于2015年8月的《物理评论快报》上。

不过实验数据并不能确定，所发现的粒子到底是由五个夸克紧密结合在一起，还是由一个重子和一个介子松散地结合在一起。后一种情况则如同一个亚原子分子（下图）。大型强子对撞机夸克项目组的物理学家谢尔登·斯通（Sheldon Stone）告诉我们，从2015年4月起大型强子对

撞机开始以更高的能量运行，后续实验将阐明五夸克粒子内部的结合方式，或者发现新的五夸克粒子。不过，仅仅确认五夸克粒子的存在，就足以让人们意识到宇宙中的粒子种类是多么丰富。人类此前在普通物质甚至高能碰撞实验中看到的粒子，只能算是管中窥豹。这项发现重新激起了物理学家探索其他未知粒子的好奇心。



未观测到强相互作用中宇称不守恒

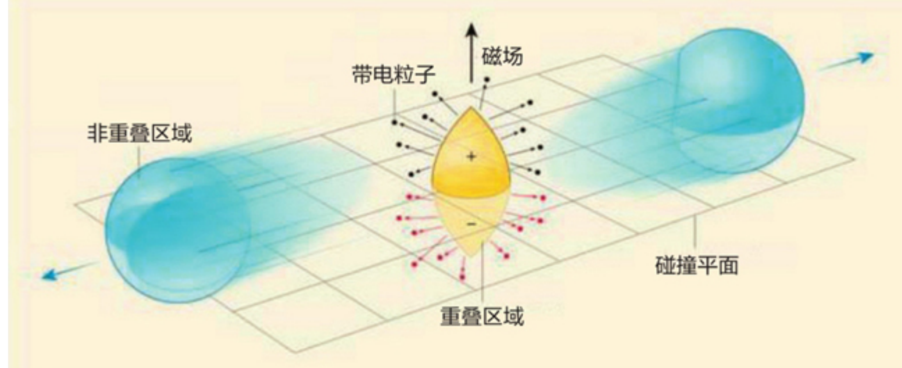
撰文 | 杜立配

60年前，李政道和杨振宁因预言了弱相互作用中的宇称不守恒而获得诺贝尔物理学奖。一些物理学家认为，强相互作用中也存在类似现象，欧洲核子研究中心通过实验证实，物理学家并未在高能重离子对撞实验中观测到强相互作用中的宇称不守恒。

弱相互作用（又称弱核力）是大自然的基本相互作用之一，它可以引起粒子的放射性衰变。1956年，当时分别就职于美国哥伦比亚大学和普林斯顿高等研究院的李政道和杨振宁提出，弱相互作用中可能存在宇称不守恒（意味着物理过程与其在空间反转后的镜像过程是不同的，就像我们在照镜子时抬起手，而镜中的我们却放下手）。1957年，哥伦比亚大学的吴健雄及合作者通过β衰变实验，证实了弱相互作用中的宇称不守恒，这使得李政道和杨振宁二人获得了1957年的诺贝尔物理学奖。

强相互作用（又称强核力）是大自然的另一种基本相互作用，它是将夸克牢牢粘在一起从而形成质子或中子的力。科学家已经通过实验在很高的精度上确认，强相互作用参与的物理过程遵守宇称守恒。然而，描述强相互作用的基本理论——量子色动力学，却并不禁止宇称不守恒。

几十年来，一些物理学家认为在夸克 - 胶子等离子体中，可能存在强相互作用下宇称不守恒的区域。物理学家希望通过将原子核加速到接近光速并进行碰撞，来制备这种等离子体，并验证此时是否存在宇称不守恒。理论上来说，在上图中所示的重叠区域，沿垂直于碰撞平面的方向会产生一个强度约是地球表面磁场10^{19}倍的极强磁场，此时如果存在宇称不守恒，那么在强磁场的作用下，带相反电荷的粒子将倾向于朝相反的方向飞入探测器，即沿磁场方向会发生电荷分离。这种由宇称不守恒与强磁场综合作用导致的电荷分离现象被称为手征磁效应。



过去十年，美国相对论重离子对撞机（RHIC）的STAR合作组与欧洲核子研究中心大型强子对撞机的ALICE合作组，观测到的实验结果都与上述手征磁效应的理论预言相符，这使得一些物理学家认为，我们可能已经观测到了强相互作用中的宇称不守恒。不过，还有一些物理学家认为，这些实验结果也可用手征磁效应之外的理论解释。为了进一步确认导致这些实验结果的主要原因是否是手征磁效应，大型强子对撞机的CMS合作组首次通过对比质子－铅核碰撞与铅核－铅核碰撞的观测结果，对手征磁效应进行了检验。

如果观测到的电荷分离现象主要来自手征磁效应，那么当碰撞中产生的磁场强度较小时，最后的电荷分离现象也应该较弱。在CMS合作组的这项研究中，质子－铅核碰撞产生的磁场强度小于铅核－铅核碰撞，并且它产生的磁场的朝向是随机的，因此，在质子－铅核碰撞实验中观测到的电荷分离现象，应该远远小于铅核－铅核碰撞实验中的结果。但是，研究人员惊讶地发现，最后观测到的电荷分离现象在质子－铅核与铅核－铅核两种对撞系统中非常一致。这意味着最后进入探测器的粒子的电荷分离并不是由手征磁效应导致的，从而也意味着并未探测到强相互作用下的宇称不守恒。相关研究结果已于近期发表在《物理评论快报》上。

“探测手征磁效应可以让我们更加了解早期宇宙中存在的原初磁场的性质（因为宇宙诞生之初也曾处于夸克－胶子等离子体状态），同时也有助于揭示宇宙中普通物质多于反物质的机制，”欧洲核子研究中心的亚里山德鲁·弗洛林·多布林（Alexandru Florin Dobrin）评论道，“不过，为了确认这个结论，还需要定量地计算，当产生的带电粒子数目不同时，手征磁效应对电荷分离贡献的大小。”美国哥伦比亚大学的威廉·阿

伦·扎伊茨（William Allen Zajc）也对此评论说："明确地观测到手征磁效应将有助于我们研究规范理论在相对论环境中的基本拓扑结构。"

新研究虽然向前推进了一步，但对强相互作用中宇称不守恒的搜寻仍将继续，物理学的新发现也许就在眼前。

话题七
于细微处见神奇的纳米技术



纳米是一个非常小的长度单位，也称毫微米，即10^{-9}米，大致为几十个原子排列起来的长度。自从扫描隧道显微镜发明后，世界上便诞生了一门以0.1～100纳米这样的尺度为研究对象的前沿学科，实际上就是用单个原子、分子制造物质的科学技术。当物质小至纳米尺度时，性能有可能会发生意想不到的变化。这种具有特殊性质的材料被称为纳米材料。目前，纳米技术已成为当今社会最有前途的决定性技术之一，研究范围十分广泛，包括纳米生物学、纳米电子学、纳米材料学、纳米机械学、纳米化学等。

细菌的致命陷阱

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | 刘旸

细菌通常带负电，如果遇到带正电的有机导体多聚物，一定会黏附上去。美国科学家利用这一原理制成的有机导体多聚物空心胶囊，只需一小时便可杀死近**95%**的细菌。

有机导体多聚物可以被制成空心胶囊，从而成为细菌的陷阱。微生物普遍带有负电，当遇到从带正电的笼子表面伸出的薄片或细丝时，就会黏附上去。胶囊遇光会生成一种活性极高的氧分子，这种分子对细菌有毒性，只需一小时便可杀死近95%的细菌。这种胶囊是美国佛罗里达大学和新墨西哥大学的科学家发明的，可用作医疗仪器等多种设备的表面材料。研究成果于2008年11月24日发表于美国化学学会的《应用材料与界面》（*Applied Materials & Interfaces*）杂志上。

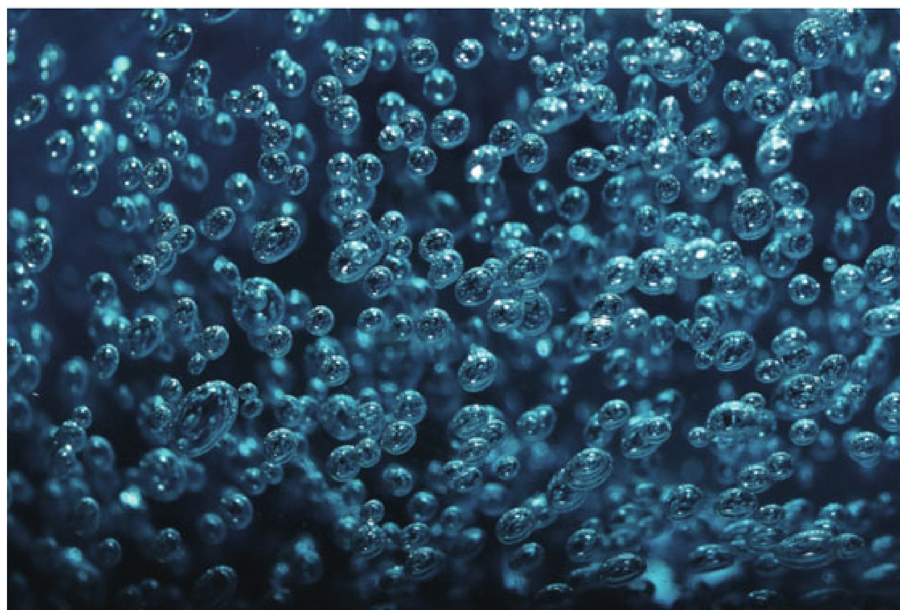


用阳光制造氢气

撰文 | 埃里克·斯莫利（Eric Smalley）
翻译 | Joy

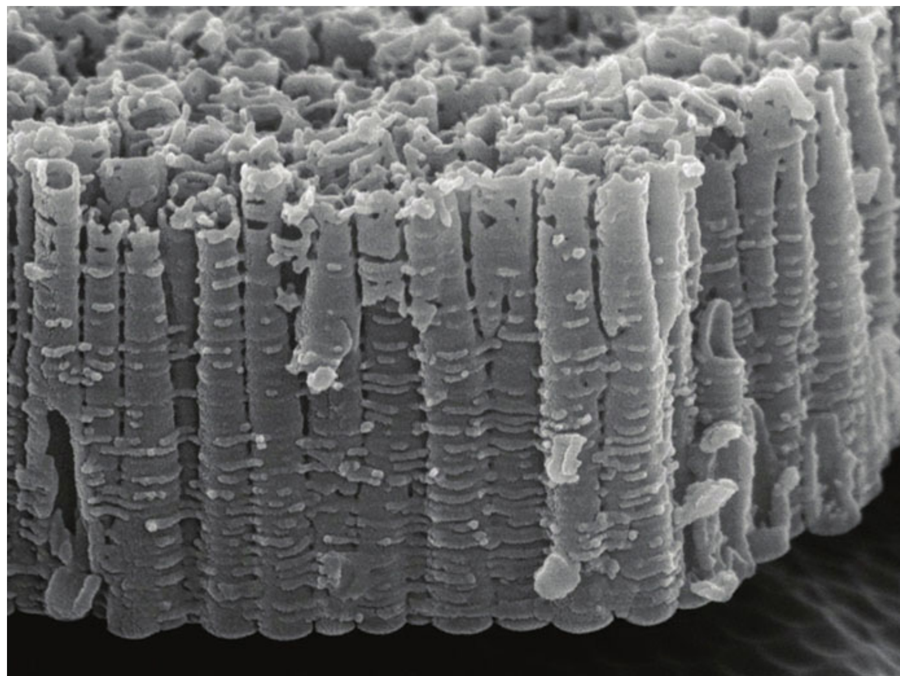
近年来，利用二氧化钛光催化剂分解水制备氢气作为一项大有希望的研究课题在世界范围内被广泛研究，但是还存在氢气转换率低的问题。最近，美国科学家利用6微米长的二氧化钛纳米管将氢气的转化效率提高到12%以上。

通往氢经济的道路正在变得更加“光明”。现在，分解水分子释放氢气的纳米管可以更加有效地工作，而且它们很快就能利用阳光中的可见光部分了。



在工程上，利用阳光来分解水有三种方式：一种是太阳能电池，它保持着水分解效率的记录，但相当昂贵；另一种使用微生物，它并不昂贵，但目前只能产生极少量的氢气；第三种是光催化法，它依赖于半导体中短暂出现的游离电子——与水分子接触的电子会替换氢-氧化学键中的电子，这样，它们就能将水分解，产生氢气。光催化剂可能比太阳

能电池更便宜，产生的氢气也比微生物法更多。



二氧化钛纳米管经过改造，能够利用可见光将水分解产生氢气。

问题在于，用于水分解的光催化剂必须在水中才能工作，这些光催化剂只对紫外线发生反应，而紫外线在阳光中大约只占4%。那些能够吸收阳光辐射中更丰富的可见光部分的物质，本身又容易在水中分解。

科学家已经转而使用二氧化钛纳米管来解决效率问题。管状二氧化钛的效率约为传统薄膜状二氧化钛的5倍，因为管状的外形可以使电子更持久地保持自由状态。因此，一个电子拥有更多的机会来分解一个水分子。

美国宾夕法尼亚州立大学电气工程师克雷格·格兰姆斯（Craig Grimes）和他的团队，已经成功利用6微米长的二氧化钛纳米管，通过紫外线转换氢气的效率提升到12%以上。在1瓦特紫外线的照射下，纳米管每小时可以产生80毫升的氢气，这是纯光催化系统效率的最高记录。

现在，两个科研团队——美国得克萨斯大学奥斯汀分校的化学家阿伦·巴德（Allen　Bard）和同事，以及宾夕法尼亚州立大学的研究者——已经开始设计能够对可见光发生反应的二氧化钛纳米管了。他们把碳加

到二氧化钛纳米管中，使纳米管吸收的光波波长向电磁波谱的可见光部分偏移。巴德说，在一种人造的紫外线和可见光的混合光源照射下，这种偏移令水分解的效率增加了1倍。他们的下一步计划是，开发一种能够在纯可见光下仍然保持高效的纳米管材料。

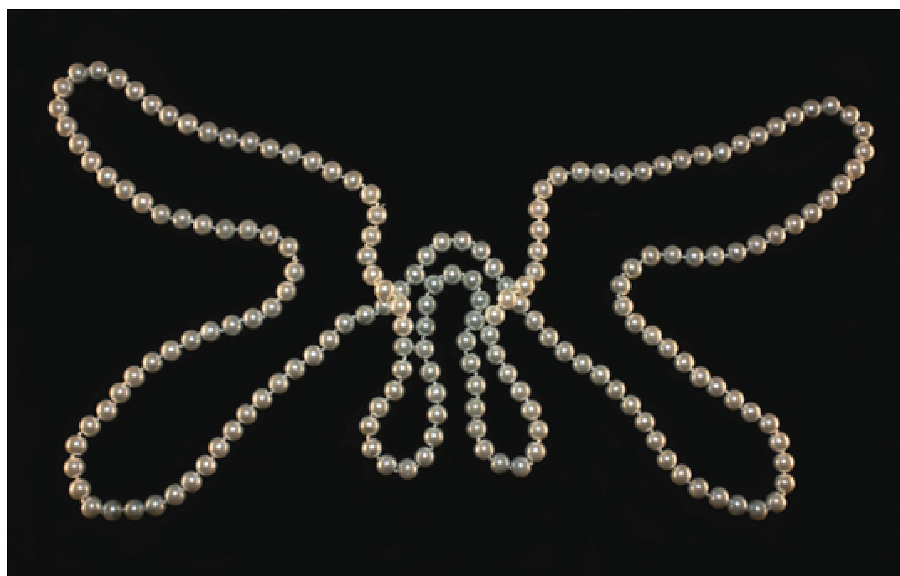
这两个团队的目标是，将二氧化钛纳米管在可见光中的水分解效率提升到10%以上，这是美国能源部近几年内的目标。格兰姆斯进行过计算，如果用一种在可见光下效率可达12%的光催化剂来覆盖美国一户普通人家的屋顶，那么它每天制造的氢气约相当于11升汽油。

更听话的纳米“积木”

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | 肖伟科

纳米颗粒同时具备了微小原子和大块常规材料的特性，具有很广泛的应用价值。但它们通常呈球形，很难装配成固定的结构。最近，在制造和使用这些纳米结构材料方面，研究人员取得了突破性的进展。

纳米颗粒是研究人员很感兴趣的一种结构模块，它同时具备了微小原子和大块常规材料的特性。然而，它们通常呈球形，很难装配成固定的结构，只能像水果店里的橘子一样堆在一起。最近，在制造和使用这些过去难以操纵的纳米结构材料方面，研究人员取得了巨大的进展。



在2007年1月19日出版的《自然》杂志上，美国麻省理工学院的材料科学家弗朗切斯科·斯泰拉奇（Francesco Stellacci）和同事们介绍了一种方法，能够使纳米颗粒变得像链条上的链环一样，彼此勾住，形成一串珠链。这种方法利用了所谓的“毛球定理”，即对于一个表面覆盖着毛发的球体来说，如果想要抚平球上的所有毛发，必定会有两束毛发笔直地竖立着，分别位于相对的两个极点上（想象一下，如果沿着纬度线

方向抚平地球仪上的毛发，那么最后两极处的毛发都会竖立起来）。

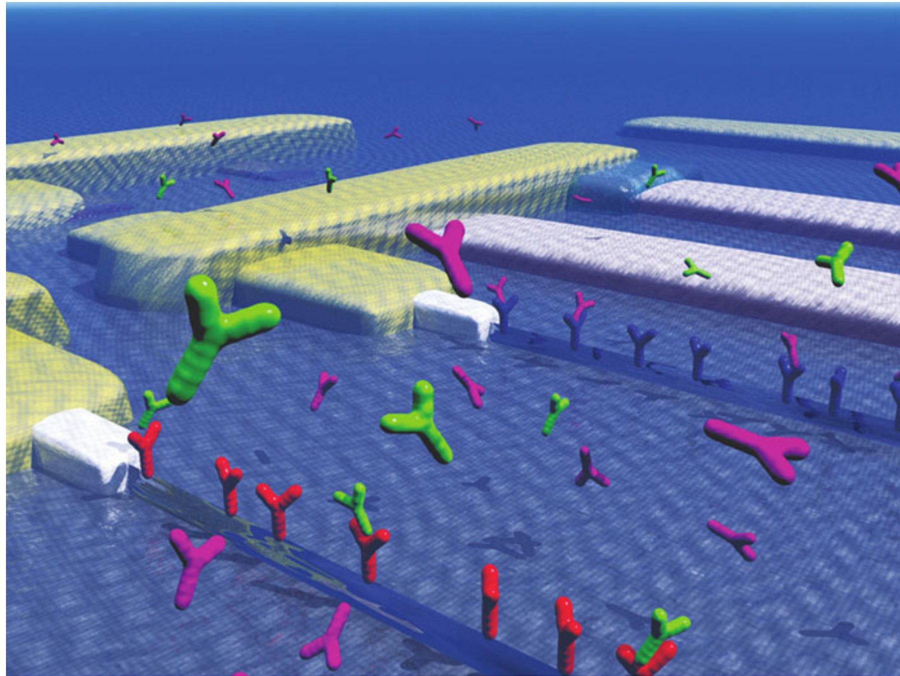
研究人员在金纳米颗粒的表面，覆盖了两种含硫分子构成的“毛发”。这些毛发竖立的地方就是金纳米颗粒表面的不稳定瑕疵——这里的毛发很容易被其他物质取代。斯泰拉奇小组用化学物质替换了这些毛发，这些化学物质能像手柄一样，让纳米颗粒彼此连接起来。

美国斯坦福大学的材料科学家崔屹（Yi Cui）指出：“这让纳米颗粒变得像个原子——准确地说，是一个有两个化学键的二价原子。这样，我们就能用它们来制作一些真正有趣的结构，就像将原子组合成分子一样。”斯泰拉奇介绍说，他的小组正在探索能够让每个纳米颗粒具有四个“化学键”的方法。

这些纳米结构能够和纳米线连接，制造先进的电子器件。研究人员可以用两种方法来制造纳米线：自下而上地装配或自上而下地蚀刻。前者要把每一个细微的、松散的、通常杂乱分散的原料整合成可用的电气设备，面临的技术挑战可想而知；相对而言，后者倒可以运用许多传统工业技术，如“类似钢锯的设备”，美国耶鲁大学的生物医学工程师埃里克·斯特恩（Eric Stern）解释说。传统技术制得的纳米线表面粗糙，影响了电气性能，斯特恩等则克服了这个困难。

在2007年2月1日出版的《自然》杂志上，耶鲁大学的研究人员介绍了一种制造高质量光滑表面纳米线的蚀刻方法。这种方法的关键在于使用了一种名为TMAH（四甲基氢氧化铵）的铵盐。在当前采用过的所有溶剂之中，TMAH蚀刻硅的速度最缓慢，过程最平稳。耶鲁大学的生物医学工程师塔里克·法赫米（Tarek Fahmy）补充说，这项新技术与标准的半导体工业流程兼容，有助于将纳米线集成到电子器件之中。

事实证明，这些纳米线对环境因素非常敏感，与分子接触就能引起电压变化。它们能够感应细胞释放的酸性物质，从而在10秒钟内，探测到T细胞受外界物质刺激而发生的活化反应。相比之下，常规的标记抗体化验方法通常需要几分钟乃至几个小时，才能查出这样的活化反应。研究人员还发现，只要致癌分子的密度高于每立方毫米60个，附着抗体的纳米线就能检测到这种分子，其灵敏度足以与目前最先进的传感器相媲美。



附着在蚀刻纳米线（蓝色线条）上的抗体（蓝色和红色的Y形物体）可以探测溶液中的其他抗体，实现快速诊断。图中的长方形物体是电接点。

分子载体

美国加利福尼亚大学河滨分校的路德维格·巴特尔斯（Ludwig Bartels）领导的小组首次设计出了一种能够在平坦表面上直线移动的分子。现在，研究人员可以用这些分子来拖运“货物”了。他们借助有机化合物蒽醌来搬运和释放两个二氧化碳分子，就像一个人每只手提了一个购物袋一样。掌握这种传送分子和原子的方法能帮助工程师更加方便地运送原料，装配纳米设备。

接下来，研究人员打算让分子载体学会转弯，能够操纵它们的货物，或者发射光子表明自己的位置。巴特尔斯介绍说，他的小组也许还会“为它们添加能够感受光刺激的‘肌肉组织’”。

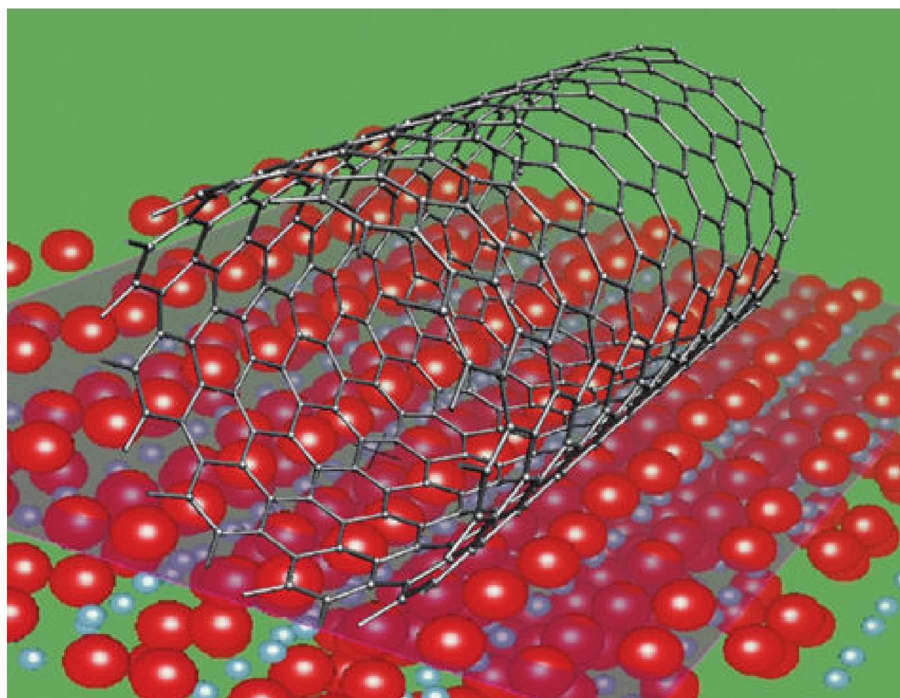
美国约翰·霍普金斯大学的免疫学家乔纳森·施内克（Jonathan Schneck）说：“有了用这类纳米线制成的设备，我们就能在急救室、办公室、战场等任何场合，现场为患者进行快速诊断。就提高设备反应速度而言，这种纳米线是我见过的最具潜力的工具。”

宝石上的纳米管

撰文 | 蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译 | Joy

电信号在碳纳米管中的传输速度远胜于在硅中的传输速度，理论上可以制造出速度更快的计算机。但在硅化合物表面制造的碳纳米管晶体管会因电极和硅之间的相互作用增加能耗，最近科学家们用蓝宝石作衬底解决了能耗高的问题。

碳纳米管可以在高级电路中制成理想的导线，不过，要把这些又小又黏、松松软软的丝状物排布成线，得费很大的劲。科学家们现在已经发现，蓝宝石晶体可以自动引导纳米管，将它们排布成建造晶体管和制作柔性电子元件所需要的图案。



纳米管在上：由铝原子（浅蓝色）和氧原子（红色）构成的蓝宝石衬底，可以自然地将碳纳米管定位。



电信号在碳纳米管中的传输速度远胜于在硅中的传输速度，理论上可以制造出速度更快的计算机，美国南加利福尼亚大学的电气工程师周崇武（Chongwu Zhou）这样解释说。此外，纳米管还可以做得很小——只有传统硅电路中理论最小尺寸的1/5。

为了制造纳米管电路，科学家们可以随机散布纳米管，然后在任何可行的地方接上电极，也可以尝试先让纳米管彼此“生长”在一起，然后在上面制作电极。不过，所有这些方法都是缓慢而低效的。这让科学家们不禁想知道，是不是存在某种衬底，可以自然地将纳米管定位。在对不同的晶体进行了一年多的实验之后，周崇武和他的同事们发现，蓝宝石晶体正好可以胜任。蓝宝石晶体属于六方晶系，晶胞从底平面向上延伸。同时，他们还发现，蓝宝石的大部分纵向切片都明显地显露出规则排布的铝原子和氧原子，这可以促使纳米管沿着规整的方向整齐地生长。

在2006年1月的《纳米快报》（*Nano Letters*）杂志中，周崇武的小组报告说，他们用这种排列整齐的纳米管成功制作了晶体管。研究人员在可批量生产的人造蓝宝石上，涂上一层被称为铁蛋白的笼状蛋白质，

再加以烘烤，同时让烃类气体吹过表面。蛋白质中的铁会起到催化作用，使烃类气体中所含的碳生长为单壁纳米管。一旦蓝宝石被纳米管覆盖，研究人员就能够将晶体管的金属电极安置在他们想放的任何地方，再用高度电离的氧气去除多余的纳米管。

过去，碳纳米管晶体管通常是在电子工业中常见的硅化合物表面制造的。它的缺点是金属电极和硅之间会相互影响，吸收电荷，从而降低性能、增加能耗。周崇武的方法消除了多余的消耗，因为蓝宝石是绝缘的，并不是像硅那样的半导体。他的方法与所谓的蓝宝石衬底硅的制作技术密切相关，IBM（国际商业机器公司）和其他芯片制造商已经将这种衬底工艺应用到高性能电路的制造当中。“因此我们可以从半导体工业中借用许多知识。”周崇武评论说。

在与其他的碳纳米管电子技术进行比较时，用蓝宝石衬底法制得的纳米管排布规则，密度也最高，每微米可达40个。周崇武说，其他方法只能达到每微米1～5个。纳米管的密度至关重要，因为电极之间的纳米管越多，可被传导的信号也就越多。通过改变铁蛋白中铁的含量，研究人员就能够控制纳米管的密度。

研究人员能够轻松地将纳米管晶体管制成柔性电子元件：将一层塑料薄膜烘烤到纳米管晶体管上，再剥离下来，晶体管就会附着在薄膜之上。碳纳米管柔性电子元件可以“轻而易举地”胜过目前工业中所采用的硅基柔性电子元件。周崇武预见到这种电子元件的实际用途，如可用于大型平板显示器、车辆挡风玻璃和智能卡。他还指出，这种规则排布的纳米管可被用作传感器：假如附着其上的分子能够跟癌症标志物或其他化合物发生反应，他们就可以通过这种纳米管来传送电子信号。

这些发现“是一项非常重要的结果，解决了与集成电路碳纳米管制造相关的一道最难的问题”，王康（Kang Wang）评价说，他是美国加利福尼亚大学洛杉矶分校多功能纳米构建中心的主任。他指出了尚待攻克的另一道重要难关：确保使用这种技术制造的所有纳米管都是半导体性的，因为目前制造出来的纳米管还是金属性（完全导电）和半导体性纳米管的混合物。

纳米管连接

分子电子学致力于使用单个有机分子作为计算或传感元件的最小单元，但是这些分子通常无法稳定地与它们的电极相连。美国哥伦比亚大学有机化学家科林·

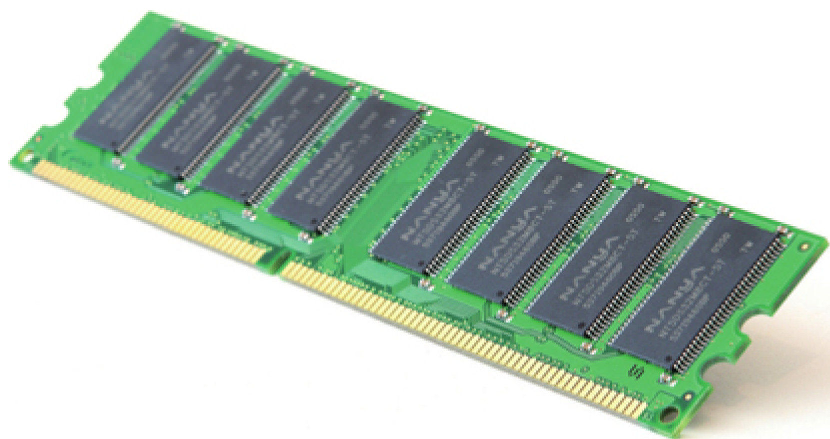
纳科尔斯（Colin Nuckolls）和他的同事们已经开发出一种方法，可以更结实地将这些分子连接到碳纳米管上。2006年1月20日的《科学》杂志描述了这项技术。它利用氧等离子体在纳米管上切出分子大小的间隔，使得纳米管的末端可以在化学上接受蛋白质中的那种连接，这要比用金和硫化合物制成的连接稳固得多，后者是目前常用的连接分子与电极的方法。

纳米晶体改造电脑

撰文 | 达维德·卡斯泰尔韦基（Davide Castelvecchi）
翻译 | 王栋

晶体管是计算机芯片上的关键器件，晶体管的设计极大地影响着计算机的速度。最近，一种只有**10**纳米厚的晶体管有望实现规模化生产，这意味着晶体管能在较低的电压下工作，产生的热量更少，计算机的速度也将更快。

今天的每块计算机芯片上，都密密麻麻地排列着数十亿个晶体管，但自从1947年美国科学家约翰·巴丁（John Bardeen）、沃尔特·布拉顿（Walter Brattain）和威廉·肖克莱（William Shockley）在贝尔实验室制作出第一个晶体管原型以来，晶体管的生产一直都基于相同的原理。目前，物理学家展示了一种彻底简化的晶体管设计，能使计算机运行速度更快、耗电量更低。虽然奥地利物理学家朱利叶斯·埃德加·利林菲尔德（Julius Edgar Lilienfeld）早在1925年就为这种设计申请了专利，但它迄今为止仍未转化成实用器件。



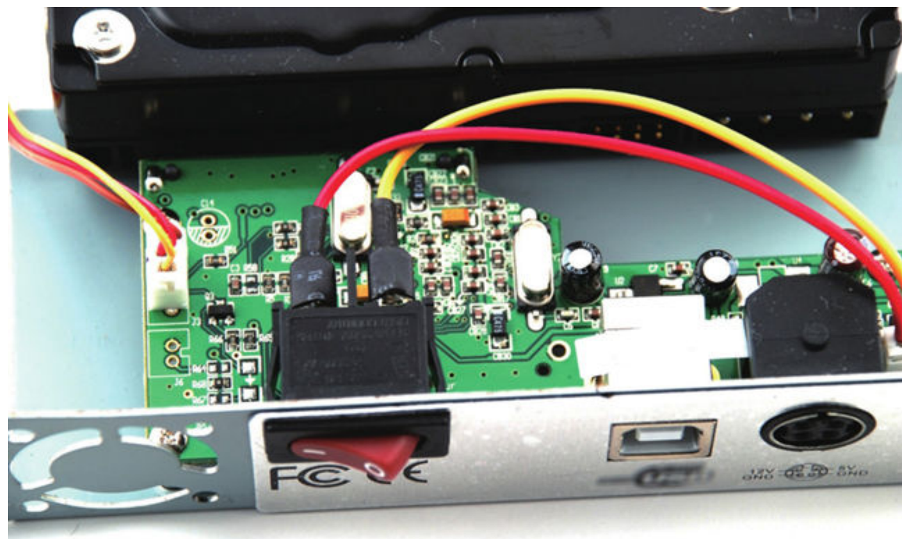
每个晶体管都有一个门电极，它决定着电流能否通过半导体片，从而界定一个“开”或“关”的状态，这是计算机二进制运算的关键。传统的设计是，半导体片被加工成类似三明治的结构，即一种材料夹在另一种

材料的中间。在“关”的状态下，这个“三明治”是绝缘体，但它可以转化为电导体，通常的方法是在门电极上施加一个电场。在芯片制造过程中，“三明治”结构是通过向硅片中“掺杂”其他元素形成的。例如，中间一层可以加入易于获得电子的元素；外面的两层则加入易于释放电子的元素。单独来看，每一层材料都是导电的，但除非门电极处于“开”的状态，否则电子无法穿过中间一层。

相邻材料层之间的边界叫作“结”。爱尔兰丁铎尔国家研究院的琼-皮尔·科林奇（Jean-Pierre Colinge）说，随着晶体管尺寸的缩小，如何在几纳米的距离内，使硅片中掺杂元素的密度发生突然变化，以形成一个明显的边界，已成为科学家面临的一大难题。

一种解决办法就是干脆去除边界。根据利林菲尔德的设想，科林奇及其同事制作了一种晶体管，其中只有一种掺杂元素，这样边界就不存在了。这种新型器件是一个1微米长的纳米管，其中掺杂了大量的硅，门电极横穿中部。门电极产生的电场会耗尽纳米管中间区域的电子，关闭晶体管，进而阻止电流通过纳米管。2010年3月，这个研究小组在《自然·纳米技术》杂志上发表了他们的研究成果。

要有效耗尽电子，纳米管只能有10纳米厚。直到最近，这种纳米管才有可能实现规模化生产。科林奇说，“这个器件应该很容易整合在硅芯片上”，因为它与现有制造工艺是兼容的。他认为，无边界设计可以更有效地开关电流，这就意味着晶体管能在较低的电压下工作，产生的无用热量更少，速度也将更快（实际上，在经过了数十年的快速发展之后，过去数年，计算机的运算频率一直停顿在3GHz左右）。



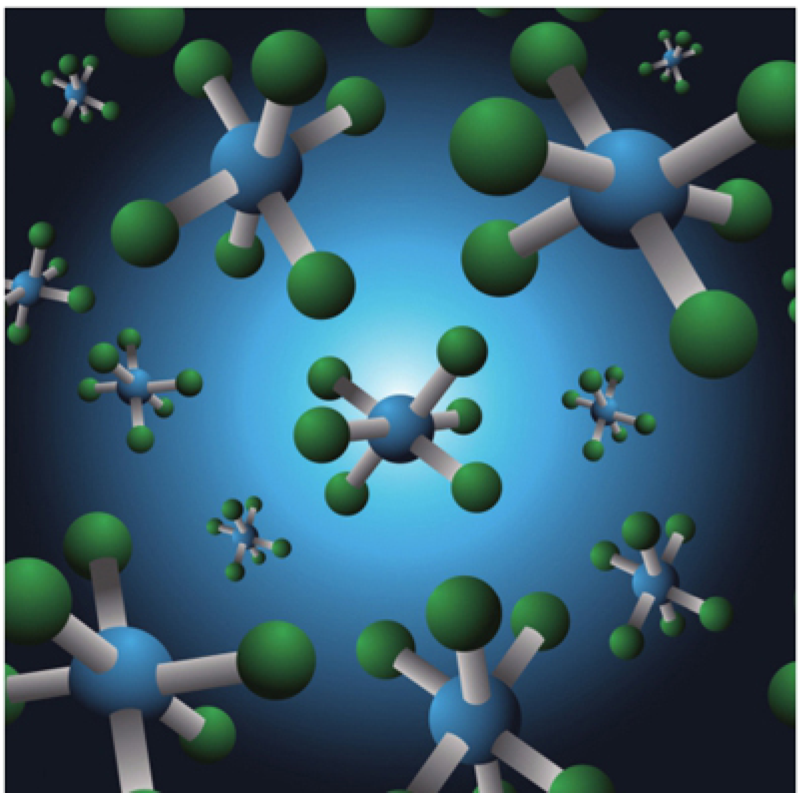
位于美国纽约州约克敦海茨的IBM沃森研究中心物理科学部主任托马斯·泰斯（Thomas Theis）认为，如果发明者能将无结晶体管的长度显著缩短，更好地与现有部件相匹配，那么这种晶体管的应用前景将不可限量。科林奇说，把晶体管的尺寸缩短到10纳米应该是可行的，他的团队正在努力实现这一目标。科林奇还透露，自从他们的文章发表以后，多家半导体公司都对无结晶体管很感兴趣，或许它们已经做好准备进入“无边界时代”了。

细胞受体磁控制

撰文｜明克尔（JR Minkel）
翻译｜刘旸

细胞的种种行为，如分泌激素或破坏病原体等，都是由细胞表面的受体蛋白引发的。美国科学家用直径**30**纳米的氧化铁小珠使受体聚集并活化，从而实现了受体活化的人为控制。

细胞依靠散布于表面的受体蛋白来感受周围环境。这些受体锁定特定分子，引发一系列生化事件，进而引起种种细胞行为，如分泌激素或破坏病原体等。要想激活受体，往往要让受体先彼此结合。美国哈佛大学的唐纳德·因格贝尔（Donald Ingber）及其同事向人们展示，将氧化铁小珠通过二硝基苯结合到产组胺肥大细胞表面的受体上，这种受体的活化便可人为控制。在外加磁场的情况下，这些直径30纳米的小珠会彼此相吸，从而使受体聚集并活化。在此过程中，研究人员检测到细胞内出现了一个钙离子峰，这是分泌组胺的第一步。此项技术可以令用来检测病原体的生物传感器变得更加轻便、节能，体内药物运输技术也会由此受到启发。2008年1月的《自然·纳米技术》杂志对这项研究进行了报道。





受体

指细胞膜或细胞内的一种特异的化学分子，绝大多数是蛋白质，能与细胞外专一信号分子（配体）发生特异性结合，引起细胞反应。受体与配体结合即发生

分子构象变化，从而引起细胞反应，如介导细胞间信号转导、细胞间黏合、细胞胞吞等过程。

纳米颗粒让过敏注射疗法更安全

撰文 | 莫妮克·布鲁耶特（Monique Brouillette）
翻译 | 张哲

将过敏原包在纳米颗粒里，可以避开免疫系统的攻击。到达肝脏和脾脏后，纳米颗粒外衣溶解，释放出过敏原。这两处“学习中心”的免疫细胞熟悉了过敏原之后，就不会反应过度使人过敏了。

眼睛痒、流鼻涕，一旦出现这些过敏的初期症状，患者就会赶紧去药店买些非处方药来缓解。但是这些药物治标不治本，过敏的根本原因是我们的免疫系统对无害物质反应过度。唯一的治愈方法是，在数月甚至数年内，注射一系列小剂量的过敏原使身体脱敏。但由于可能会有严重的副作用（如过敏反应），很多患者并不会接受这种注射治疗。

为了解决这个问题，美国西北大学的斯蒂芬·米勒（Stephen Miller）和密歇根大学的朗尼·谢伊（Lonnie Shea）开发了一种更安全的方法——简而言之，就是让脱敏针中的过敏原避开自身免疫系统的攻击。

要想让免疫系统学会识别哪些物质有害，哪些物质无害，需要先让肝脏和脾脏中正在发育的免疫细胞熟悉那些日后不需处理的无害蛋白质。但问题在于，成熟的免疫细胞有时候会在注射剂中的过敏原抵达这两处“学习中心”前就发起攻击。因此，免疫学家米勒联手生物医学工程师谢伊，设计了一种类似特洛伊木马的给药方式：将过敏原封装在一个纳米颗粒中。这些颗粒和衰老血细胞的碎片大小相同，因此免疫系统会把它们认定为正常的细胞残骸，从而允许它们经血液进入肝脏和脾脏。到达这些地方后，纳米颗粒外衣溶解，释放出过敏原。

相关研究最近发表在了《美国科学院院刊》（*Proceedings of the National Academy of Sciences*）上。论文中提到，研究人员利用小鼠对卵清蛋白过敏来测试这个方案的可行性——这种蛋白会引发小鼠严重的免疫反应。他们先将卵清蛋白封入纳米颗粒中，然后将这些纳米颗粒注射进5只小鼠体内。结果，小鼠没有出现免疫反应。随后，研究人员直接向这些小鼠注射卵清蛋白，并观察它们是否还会过敏，结果小鼠并没

有出现呼吸道炎症。此外，血液测试显示，小鼠体内抑制免疫系统的调节性T细胞增多了。这些结果表明，包裹着纳米颗粒的过敏原成功穿过了小鼠体内的防御系统并且没有被发现——随后，免疫系统就知道这些过敏原并不是坏家伙了。

美国斯坦福大学肖恩·帕克过敏和哮喘研究中心主任卡里·纳多（Kari Nadeau）称，在治疗过敏时，纳米颗粒是一种强大的工具，可以对付很多过敏反应，甚至自身免疫失调，比如多发性硬化。这是因为纳米颗粒内可以填充来自花粉、尘螨等不同物质的免疫反应触发物。

已经有其他研究人员通过试验证明，使用纳米颗粒可以有效治疗花生过敏。接下来，米勒和谢伊计划对乳糜泻（由免疫系统对小麦蛋白过度反应造成，又称麸质过敏性肠病）进行临床试验。



用纳米颗粒模仿黑色素

撰文 | 马修·塞达卡（Matthew Sedacca）
翻译 | 季韬

研究人员用聚多巴胺模拟天然黑色素，制成纳米颗粒，并将皮肤细胞和纳米颗粒放在一起培养，然后将它们暴露在紫外线下。三天后，吸收纳米颗粒的皮肤细胞有**50%**存活了下来，而未吸收纳米颗粒的细胞存活率只有**10%**。

夏日炎炎时，为防止紫外线损伤皮肤，许多人都觉得有必要涂上一层防晒霜。但是，科学家可能已经找到了一种新的方式来阻挡这些危险的射线——利用纳米颗粒模仿黑色素，来保护皮肤细胞。如果证实确实有效，那么这种方法不仅可以防晒，还可以用来治疗某些皮肤病。

黑色素是人体对抗紫外线诱发的DNA（脱氧核糖核酸）损伤的重要屏障之一。在皮肤表层下，有一种特殊的细胞能分泌黑素体，黑素体可以产生、储存以及运输黑色素。皮肤中的角质细胞可以吸收这些黑色素，并在细胞核周围形成具有保护性的、能够阻挡紫外线的外壳。然而，患有白化病和白癜风等皮肤病的人体内无法正常生成黑色素，因此对紫外线的影响异常敏感。

为了合成这种黑素体，加利福尼亚大学圣迭戈分校的研究人员将多巴胺（一种在大脑和人体其他部位发现的神经递质）浸泡在碱性溶剂中。这一步骤产生了类黑色素纳米颗粒，这些纳米颗粒的外壳与内核由聚多巴胺（一种多巴胺基聚合物）组成。当把这种合成的颗粒与人体角质细胞一同放入培养皿中时，纳米颗粒会被角质细胞吸收，并像天然黑色素一样，分布在细胞核周围。

“这些角质细胞能够处理合成的纳米颗粒，将它们转化成盖在细胞核上的‘帽子’。”该项研究的参与者、目前就职于美国西北大学的生物化学家内森·詹内斯基（Nathan Gianneschi）说。“同黑色素一样，这种合成材料也可以使肤色变暗，但它并非仅仅通过填充细胞使细胞变暗，”詹内斯基指出，“实际上这种材料成为细胞结构的一部分。”

类黑色素纳米颗粒不仅可以像天然黑色素一样，通过皮肤细胞运输

和分布，也可以像天然黑色素一样保护细胞的DNA。研究人员把皮肤细胞和纳米颗粒放在一起培养，然后将它们暴露在紫外线下。三天后，吸收了纳米颗粒的皮肤细胞有50%存活了下来，而未吸收纳米颗粒的细胞存活率只有10%。这项研究结果已于2017年早些时候发表在了《美国化学学会核心科学》（*ACS Central Science*）杂志上。

现在研究人员已经知道，类黑色素纳米颗粒与天然黑色素的功能一致，都可以有效地保护皮肤细胞，接下来的工作就是搞清楚其中的生物机制了。



纳米纱窗可过滤90%的有害颗粒物

撰文 | 阮进（Tien Nguyen）
翻译 | 王舟

利用气流往纱窗上吹出高分子溶液液滴，可形成极薄的纳米纤维层。在空气污染严重的情况下，喷涂了聚丙烯腈纳米纤维的纱窗能够有效过滤90%的有害颗粒物。

喷涂了纳米纤维的新型纱窗，或许能让生活在空气污染严重城市的人呼吸到新鲜空气。这些可捕获污染物的纤维由含氮聚合物组成，可以通过吹制纺丝技术喷涂到纱窗上，也就是，利用气流吹出高分子溶液液滴，使其在纱窗上形成极薄的纳米纤维层。

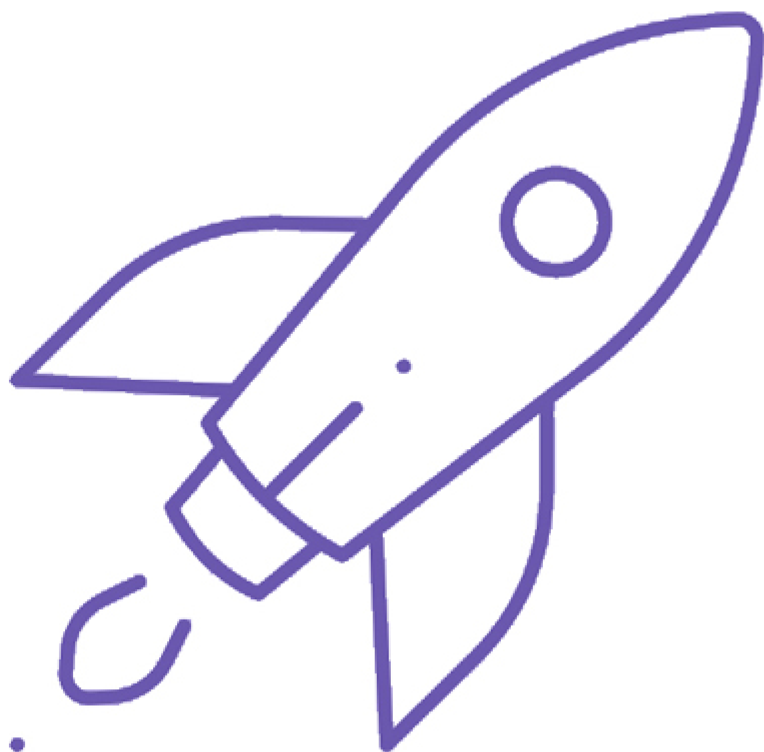


制图：托马斯·富克斯（**Thomas Fuchs**）

近日，斯坦福大学与清华大学的研究人员在《纳米快报》上发表了这项最新研究，他们开发出的多种吹制纺丝高分子材料（原材料就是制造橡胶手套、帐篷常用的材料）可以过滤空气中超过90%的有害颗粒物。通常，这些有害颗粒物会穿过普通纱窗，进入室内。如果在把柔性尼龙网卷成卷的过程中进行喷涂，喷涂速率可接近每分钟1米。此外，研究人员还在覆盖有金属涂层的网状物上喷涂纤维薄膜，并在吸附大量污染物之后，用纸巾将薄膜擦去。

研究人员在北京进行了长达12小时的实地测试，在空气污染严重的情况下，喷涂了聚丙烯腈纳米纤维的纱窗能有效过滤90%的有害颗粒物，这些颗粒物可导致肺癌与心脏疾病。装上这扇“绿网”，我们又可以呼吸到新鲜空气了。

话题八
人工“智”造的新传奇



未来，人工智能（AI）的发展不仅会带来技术本身的进步，还将引领各行各业的创新发展。随着AI时代的到来，具有里程碑意义的事件不断涌现：无人驾驶汽车从科幻驶入现实、无人机从小众产品向大众消费产品转型、机器人替代人类照顾病人和老年人……越来越多的公司加入到研发有实用价值的机器人的队伍中去，它们急需技术与产品结合、软件与硬件结合、服务与制造融合的能力。这里所展示的一些新进展预示着日新月异的进步将彻底改变人类的生活。

AI时代，中国将弯道超车？

《环球科学》记者｜李晓慧

在国家大力推动人工智能发展之际，地方政府和高科技企业相继搭建了吸引人才的平台，海外人才迅速回流。人工智能时代，中国创新的机会也许真的来了。

谷歌母公司Alphabet的执行董事长埃里克·施密特（Eric Schmidt）最近在一次AI大会上声称，未来人工智能将成为最重要的技术之一，而中国可能超越美国，成为AI技术的主导者。施密特的这番话并不是毫无来由，在人工智能领域，中国在政府支持、人才、数据、应用、技术等方面都不落人后。

2017年7月，中国最高国家行政机关国务院印发通知——《新一代人工智能发展规划》，其中明确指出：到2020年，中国人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步；到2025年，人工智能基础理论实现重大突破，部分技术与应用达到世界领先水平；到2030年，人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平。通过人工智能三步战略，中国将跻身创新型国家前列，并为实现经济强国奠定重要基础。

政策发布之外，很多细节也看出中国政府对人工智能领域的关切。在2017年李克强总理主持召开的经济形势座谈会上，6位专家和企业家受邀参加，其中就有机器视觉人工智能行业的领跑者、年仅29岁的旷视科技创始人兼CEO印奇。近期，在西安举办的“全球程序员节”上，《环球科学》记者见到了印奇。一身休闲打扮的印奇有时还稍显腼腆，当说到与总理当面汇报人工智能发展的时候，他说：“总理对人工智能非常感兴趣，问了我很多问题，本来给我十五分钟的时间，但是总理与我聊了半小时。”除了获得政府政策支持，人工智能亦受到国有投资机构的青睐，近日，旷视科技获得由中国国有资本风险投资基金领投的4.6亿美金的C轮融资。“这笔融资将用于核心底层技术研发，包括软件、硬件、算法等多个维度。”印奇称。让中国在人工智能核心技术上有更强的竞争力，是旷视科技未来的主要目标。



2017年11月，“全球程序员节”在西安开幕。

在国家大力推动人工智能发展之际，地方政府也看到了其中蕴含的巨大机遇。西安市政府看到了当今数字世界未来智能地球的幕后英雄——程序员。2017年11月9日，西安市政府主办的首届“全球程序员节”开幕，西安市市长上官吉庆对程序员给予了很高的评价，“程序员作为软件的创造者，用代码支撑起了数字世界，推动着信息时代的发展和人类社会的进步”。借助首届“全球程序员节”，西安吹响了建设中国软件名城的号角。“让西安高校的学子留在西安，让全国、全球的人才看过来。”在人工智能时代，技术归根结底掌握在人才的手中，这也是西安以高规格举办“全球程序员节”的原因。

为了给软件人才提供更多机会，也让随时随地随人的IT服务成为可能，中软国际搭建了IT软件外包平台——解放号，它让更多的中小企业利用定制化软件获得创新的能力。“中软国际目前有5万员工，但是解放号仅用一年的时间，已经聚集了20万名以上开发人员、4千多家服务商，为3万多家客户提供服务。”中软国际有限公司董事局主席、CEO陈宇红介绍说。

在人才储备上，虽然绝大部分顶尖的人工智能人才在美国，但是中国的人工智能人才正在急速增长，海外人才快速回流。以旷视科技为例，2011年成立时，团队仅有3人，经过6年的发展，成长为超过400人的中型企业，其中核心研发团队接近200人，“我们的人工智能人才都是从清华、北大这样最优秀的大学中选拔上来的，所以在人脸识别垂直领

域，我们有很多自己的积累。”印奇称。陈宇红对中国目前人才回流也深有感触：“现在是15年来，海外人才回国量最高峰的时刻。”据统计，2016年海外人才归国率高达79.4%，共计43.25万留学人员回国，较2012年增长15.96万人。

创新工场董事长兼CEO李开复也曾在多个场合表示，看好人工智能未来在中国的发展。他同样认为中国的政策是人工智能发展的优势之一，除此之外，中国独有的大量数据也是发展人工智能的优势。“数据、算法、计算力是人工智能的三个维度，而中国在数据、算法方面都有独特的优势。”印奇说。

未来，人工智能的发展不仅会带来技术本身的进步，还将带动各行各业的创新发展。作为中国IT服务领头羊的中软国际，预计未来三分之一的业务将与AI相关。“我们现在的年收入约有上百亿元，未来五年希望收入能达到300亿元，其中的100亿与AI相关。”陈宇红说。基于人工智能的“城市大脑”项目目前也已经在中国的城市落地，在人工智能的应用层面中国已经先行一步，这将为数据的积累、算法的迭代、硬件的升级带来更多机遇。人工智能时代，中国创新的机会也许真的来了。

寒武纪：打造人工智能芯片

《环球科学》记者｜廖红艳

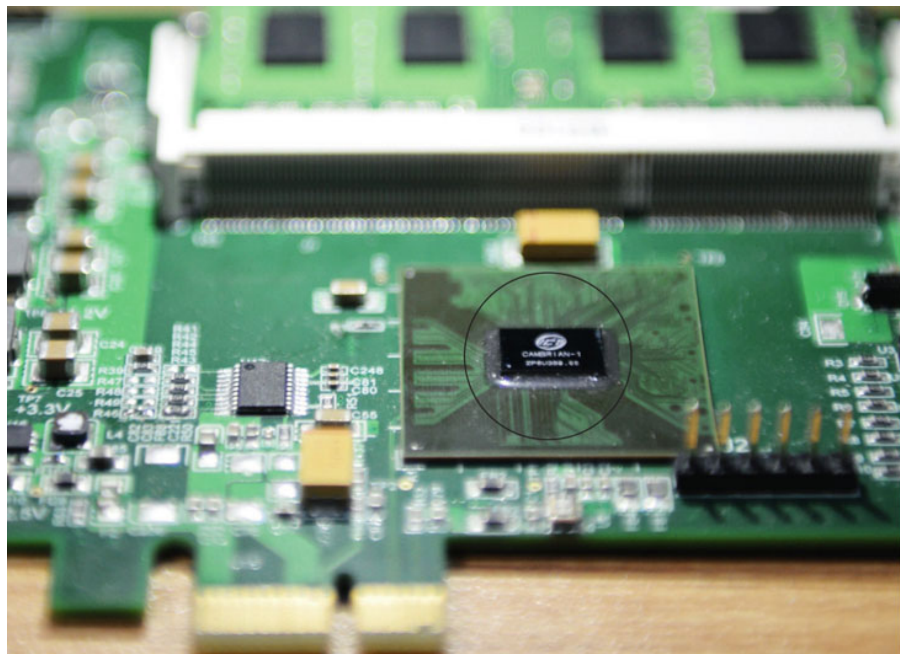
一家刚刚成立的芯片设计公司——寒武纪公司发布了世界上首款神经网络处理器，这种处理器不是基于常规的二进制逻辑运算，而是基于神经元计算处理架构。如果阿尔法狗采用寒武纪处理器的架构，只需要一台个人电脑大小的主机，就可以运行起来，而且运行速度应该会更快。

如何能让一张普通的图片具有艺术性呢？现在，借助一款应用了人工智能算法的手机修图软件Prisma，你可以将任何照片变成名画风格（比如梵高、莫奈、毕加索或宫崎骏风格），且极具艺术品质。连俄罗斯总理梅德韦杰夫都忍不住在社交网站上晒出了一张用Prisma处理过的、有着浓郁铅笔画风格的风景照——滤镜里的莫斯科夜晚。

与普通滤镜不同，Prisma采用深度学习算法，能够利用复杂的人工神经网络，抽象出给定绘画作品里一些高级的隐藏特征，学习画家的绘画风格，再把这个风格“智能”地应用到一张新图片上，是第一款人工智能的平民化应用。不过，美中不足的是，因为人工智能算法计算量极大，用户需要把照片发送到远程的服务器，几十秒后才能看到预览效果。

人工智能算法运算量到底有多大？想象一下，同样采用了人工智能算法的阿尔法狗（AlphaGo），需要用到上千块传统处理器（CPU）和上百块图形处理器（GPU）。

很显然，在人工智能迎来新一波复兴的今天，传统处理器正成为阻碍人工智能普及的瓶颈。如果没有一款专门为神经网络设计的芯片——既高效、低耗、体积小，还能够嵌入智能终端设备，我们就无法与人工智能真正“亲密接触”。好消息是，2016年3月，一家刚刚成立的芯片设计公司——寒武纪公司（中国科学院计算技术研究所下属的产业化公司），已经发布了世界上第一款神经网络处理器指令集，而且正在走向商业化。



2016年3月，寒武纪公司发布了世界上第一款神经网络处理器。

值得一提的是，寒武纪公司的首席执行官陈天石和首席科学家陈云霁是一对亲兄弟。哥哥陈云霁是计算机体系结构专家，弟弟陈天石是人工智能专家。兄弟两人的合作始于用人工智能技术支持通用处理器的研发，而后转向用处理器技术来支持人工智能的发展。

2014年，陈天石、陈云霁与法国国家信息与自动化研究所（INRIA）奥利弗·泰蒙（Olivier Temam）博士共同发表的学术论文《DianNao：一种小尺度的高吞吐率机器学习加速器》（*DianNao: A Small-Footprint High-Throughput Accelerator for Ubiquitous Machine-Learning*），获得ASPLOS（编程语言和操作系统的体系结构支持）国际会议最佳论文，吸引了国际同行的目光。随后发表的几篇论文，更是奠定了他们在神经网络处理器这个领域的国际领跑地位。

传统处理器指令集是为进行通用计算发展起来的，基本操作为算术运算和逻辑运算。而深度学习算法的基本操作是对人工神经网络中的虚拟神经元和突触进行处理。作为一款神经网络处理器，寒武纪处理器指令集的一条指令即可完成多个神经元的并行处理，而传统处理器需要数百甚至上千条指令才能完成一个神经元的处理。这也就解释了为什么传统处理器运行深度学习算法时效率会如此低下。

“如果把深度学习看作切肉，传统的处理器就是瑞士军刀，我们的专用神经网络处理器则相当于菜刀。瑞士军刀通用性很好，什么都可以干，但干得不快，菜刀是专门用来切菜和肉的，在切肉这件事情上，效率当然更高，”接受《环球科学》采访时，寒武纪公司首席执行官陈天石形象地比喻，“在运行人工智能算法方面，寒武纪处理器比通用处理器好百倍到千倍，如果AlphaGo采用寒武纪处理器的架构，只需要一台个人电脑大小的主机，就可以运行起来，而且运行速度应该会更快。”

2016年7月，寒武纪公司与中国科学院计算技术研究所又共同发布了国际上首款稀疏深度学习处理器（Cambricon-X），它性能更好，功耗更低。在65纳米工艺下，Cambricon-X芯片面积仅为6.38平方毫米，最高每秒能进行5,000亿次神经网络基本运算，性能是高端GPU的10倍，能耗却仅为其3.4%。

目前，寒武纪公司正紧锣密鼓地将自己的芯片推向产业化。陈天石介绍说：“芯片从研发、量产到商用，是一个以年为单位的周期，所以最快明年，大家应该可以在市面上看到使用寒武纪技术的芯片产品，比如在智能终端、智能机器人、手机、安防监控或云端服务器上。”

神经网络处理器的诞生，或许会将人工智能推到一个全新的高度。“我们要让人工智能的门槛更低，让研究人员可以自由地尝试规模更大、更复杂的算法。这也是我们给公司取名‘寒武纪’的寓意所在，”陈天石说，“像地质年代中的寒武纪迎来生命大爆发一样，我们希望，寒武纪芯片也能开启人工智能的新纪元。”

规范无人机飞行空域

撰文 | 杰里米·舒（Jeremy Hsu）
翻译 | 蒋泱帅

早些时候，纽约一架私人无人机与喷气式客机险些相撞，这给无人机的发展带来了阴影。为了避免无人机越权飞行事件重复发生，大家仁者见仁，智者见智，提出了许多解决办法。

2015年年初，在纽约拉瓜迪亚机场，一架美国穿梭航空公司的客机在降落的最后阶段，差点儿与一架突然闯入的私人无人机相撞，客机被迫紧急爬升以避免发生碰撞。

这样的意外已不是第一次。目前，美国联邦航空管理局（FAA）每月都会收到约60份飞行员目击到疑似无人机的报告。目前还没有人确切地知道，喷气式客机和小型无人机碰撞，会对客机引擎或机身造成哪种以及多大程度的损坏，不过，美国联邦航空管理局已计划在下一个财年对此进行研究。与此同时，能够阻止此类碰撞发生的技术和政策还尚未出台。

目前的策略是，不让无人机越权飞行事件重复发生。美国联邦航空管理局与地方执法部门合作，联系那些越权操作的无人机拥有者，对他们进行飞行安全法规教育。美国联邦航空管理局还有权对“粗心或莽撞操作”的无人机拥有者进行民事处罚。

波音737的飞行员本·伯曼（Ben Berman）经常飞美国的一条主要航线，他表示，要避免碰撞发生，除了教育市民，美国联邦航空管理局还需要做更多的事。他解释道：“尽管大多数时候都是有惊无险，未发生碰撞事故，但如果一年内我们还对无人机持放纵态度，最终我们肯定会撞上噩运。”



小型无人机［美国联邦航空管理局规定其重量小于55磅（约25千克）］不太可能造成比较严重的交通事故，而更大的飞机大都安装了防撞装置，可以追踪附近其他飞机的位置。作为美国国家运输安全委员会的前首席调查员，伯曼还提出了另一种策略，他认为无人机制造商应该设计程序，避免无人机飞至一定海拔或飞入受限空域。美国联邦航空管理局也提出，对“地理防御”这类软件进行更新可以作为短期的解决办法，但并没有对小型无人机制造商提出硬性要求。

一家无人机制造商早已采取了这些措施。世界上最受欢迎的小型无人机由中国深圳的大疆创新科技有限公司生产，其“幽灵”系列每架售价约1,000美元。自2014年起，大疆公司就推出了无人机固件更新，清楚地向操作者表明机场附近、华盛顿特区或国家边界附近的受限空域。如果操作者无视软件发出的警告，想操纵无人机在受限空域飞行，就会发现无人机不再继续飞行。大疆公司的迈克尔·佩里（Michael Perry）说：“无人机就像飞向了一堵看不见的墙。”

此外，其他一些应对措施也即将出台。美国联邦航空管理局在2015年2月出台了针对小型无人机的飞行规定，包括飞行速度、飞行高度限制以及距载人飞机飞行空域的距离限制。这些具体规定将在2016年最终落实。在技术方面，美国国家航空航天局（NASA）也已开始和商业伙伴共同研发可以追踪低空小型无人机的无人空中交通系统。NASA还测试了可用于大型无人机的侦查与回避系统。这些技术将来有望用于更小

型的无人机。

随着越来越多的无人机进入普通消费市场，对无人机的规范和管理也变得越来越重要。据新华社报道，2015年1月至5月，中国已出口16万架民用无人机，金额达1.2亿美金。佩里说：“我们正从小众产品向大众消费产品转型，而刚刚接触这一领域的消费者，可能并不像飞机模型爱好者那样，了解相关的规则。”

无人驾驶汽车：谁为交通事故负责？

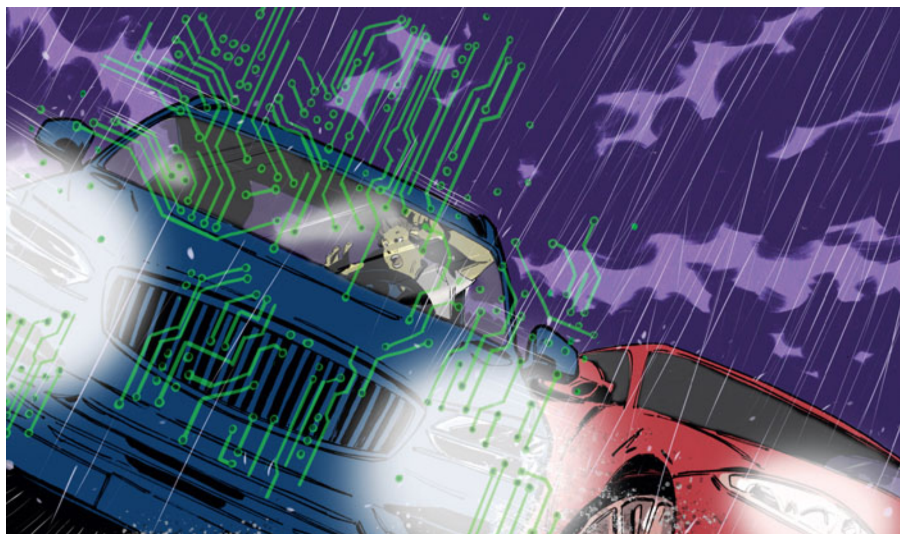
撰文｜科琳娜·约齐欧（Corinne Iozzio）
翻译｜蒋泱帅

虽然目前无人驾驶汽车的制造商仍要求人类驾驶员在操作时集中注意力，随时准备在能见度下降或天气突变时接管方向盘，但随着无人驾驶汽车从科幻驶入现实，汽车制造商承诺，出于对自己技术的信赖，如果无人车因安全缺陷出事故，它们将承担全部责任。

2016年的情人节对美国山景城来说并不美好。那天，谷歌公司的一辆改装版雷克萨斯无人驾驶SUV（运动型或城郊多用途车）发生了一起交通事故，这也是谷歌公司的首起无人驾驶汽车事故。当时，无人驾驶汽车检测到测试道路下水道周围堆有沙袋，为避免撞到沙袋，无人驾驶汽车试图变道进入中间车道，然而3秒后，它却撞上了一辆公交车的侧方。据报道，无人驾驶汽车的试驾员看到了公交车，但认为公交司机会减速让SUV先通过。

这不是无人驾驶汽车的第一起交通事故，却是第一起非人为因素造成的交通事故（无人驾驶汽车出现的追尾事故，通常是由驾驶员未注意到交通指示灯造成的）。这起交通事故也让之前考虑不充分的一个问题浮出了水面：当无人驾驶汽车引发交通事故时，究竟该由谁来负责并为事故赔偿买单呢？

搞清楚这一问题及其他相关问题，正变得越来越紧迫。汽车制造商和政策制定者担心，如果美国没有统一的无人车交通法规，就无法在美国50个州推行无人驾驶汽车。为了鼓励无人驾驶汽车项目的进行，奥巴马政府要求美国交通运输部在2016年夏天之前提出适用于全美范围的测试提案和安全标准。不过，在评估汽车性能和责任问题前，可以先回答另一个问题——造成事故的根本原因是什么。



制图：托马斯·皮蒂利（**Thomas Pitilli**）

专家表示，当计算机取代人类驾驶汽车时，该负法律责任的既不是车主也不是车主的保险公司，而是该技术的软件和硬件公司。因此，汽车制造商不可避免地要承担责任。

事实上，无人驾驶技术的先驱正在做出改变。2015年10月，沃尔沃汽车公司宣布，对其全自动驾驶系统造成的人员、财产损伤，公司将承担责任。该系统会在2020年前安装到沃尔沃汽车中。沃尔沃安全与驾驶支持技术部高级技术主管埃里克·科林（Erik Coelingh）解释道，公司做出这个决定，是因为自动驾驶系统包含了许多冗余系统和后备系统，比如备用的摄像机、雷达、电池、刹车、计算机、转向传动装置，根本不需要人类驾驶员介入操作，因此也不会犯错。“不管系统出了什么问题，汽车将仍然具备安全停车的能力。”科林说。

道路上半自动化汽车数量的增长，也验证了科林所说的情况正成为趋势。带有车辆碰撞迫近制动系统的汽车越来越多，该系统依据光学判断车辆前后的潜在影响，并能主动对刹车进行制动。奥迪、宝马和其他汽车公司已研发出具有可自动平行泊车的汽车。2016年下半年，沃尔沃也将在其2017 S90车型上推出全美第一款用于高速公路驾驶的半自动辅助驾驶系统——Pilot Assist。

该系统装载了可安装在挡风玻璃上的计算机，配备一台摄像机和雷达，能自动加速、减速、避开障碍物，在时速高达80英里（约129千米）时仍能保持在一个车道内行驶。针对Pilot Assist所具有的特点，技

术政策专家、南卡罗来纳大学助理教授布莱恩特·沃克·史密斯（Bryant Walker Smith）称其为“模棱两可的自动化”，因为汽车制造商仍然要求人类驾驶员在操作时集中注意力。他表示：“有时候，到底是人为过错还是机器失误，并没有一个清楚的界限。”

眼下，一些汽车制造商正在明确人类驾驶员的职责。通用汽车公司即将上市的Super Cruise系统会装载在2017年发行的新款凯迪拉克汽车上，该系统和沃尔沃的Pilot Assist系统类似，要求人类驾驶员在行车时保持警惕，随时准备在能见度下降或天气突变时接管方向盘。而即将推出Pilot Assist系统的沃尔沃也对驾驶员提出了相似的责任要求——触摸方向盘上的传感器确保驾驶员处于行车状态中。

不过，像沃尔沃、梅赛德斯-奔驰和谷歌这样的汽车制造商胸有成竹，认为当全自动驾驶成为现实时，它们有能力让这项技术以及更多的技术，完全成熟，从而让驾驶员脱离驾驶，也无需承担事故责任。此外，布鲁金斯学会2014年的一项研究发现，目前的汽车产品责任法早已涵盖了以上情况，因此美国也许不需要为继续推动自动驾驶技术而重改任何法律。

汽车制造商表示，不论发生轻微剐蹭还是严重撞击，它们都会承担责任，这是明智之举，因为这无疑体现了采用无人驾驶技术的计算机驾驶比人类驾驶更安全。美国公路安全保险研究所的数据显示，碰撞避免制动系统可使追尾碰撞总数下降40%。而沃尔沃的科林还指出，欧洲版Pilot Assist系统的研究显示，计算机能保持更安全的车距，相比之下，人类驾驶时会出现更多的紧急制动情况。

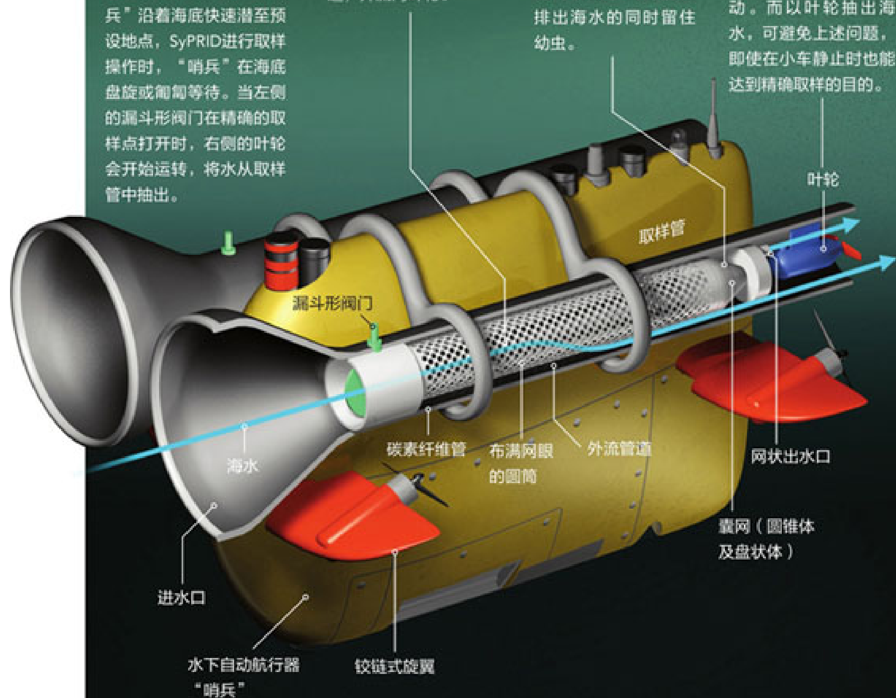
史密斯表示，长远来看，“制造商和客户都希望无人车在安全性方面的问题越少越好，但从制造商的角度来说，它们愿意承担责任，成为无人车事故的主要责任方”。

深海取样机器人

撰文 | 马克·菲谢蒂（Mark Fischetti）
翻译 | 蒋决帅

一款机器人可准确抵达深海中特定位置，获取大量微小的生物样本。

通过分析生活在海底的微型浮游生物幼虫，海洋学家可以了解到很多关于海底食物链和海底热液喷发口的信息。不过，把一辆作业车派到漆黑一片、表面又不规则的海底进行精确踩点却十分困难。此外，从大量海水中采集那些几乎看不见的脆弱微小生命，并保证它们完好无损也困难重重。2015年7月，水下自动航行器“哨兵”携带新型取样机——SyPRID，潜入大西洋底的6处甲烷渗流口进行勘察。这些渗流口位于美国北卡罗来纳州和楠塔基特岛之间，有些地方深达2,000多米。由于形状酷似巴祖卡火箭筒，SyPRID也被称作“Plankzooka”，在这次勘察任务中，它取回了132个特殊物种。美国伍兹·霍尔海洋研究所的机器车项目经理卡尔·凯泽（Carl Kaiser）表示，精确取样“能让科学家比较并分析出不同海洋深度处浮游生物幼虫的差异，例如距离海底2.5米和5米，或者距海底热液喷发口10米和50米处浮游生物幼虫的差异，这是非常有用的研究”。


工作原理
1 水下自动航行器“哨兵”沿着海底快速潜至预设地点，SyPRID进行取样操作时，“哨兵”在海底盘旋或匍匐等待。当左侧的漏斗形阀门在精确的取样点打开时，右侧的叶轮会开始运转，将水从取样管中抽出。
2 海水从布满网眼的塑料圆筒中流入，经100目筛网［筛网目数就是每平方英寸（1平方英寸=6.4516平方厘米）上的孔数］流至外壁管道，并流向叶轮。
3 部分海水流入囊网（由一个圆锥体和一个盘状体连通构成）。这种组合结构能减慢水速，降低圆盘内部压力，故聚集在内部的幼虫不会受到损伤。尾部的网状出水口则能在排出海水的同时留住幼虫。
4 单纯通过海水驱动取样机，会在取样管内部造成比较大的冲击，工作车的稳定性也会因此受到影响，难以精准移动。而以叶轮抽出海水，可避免上述问题，即使在小车静止时也能达到精确取样的目的。
叶轮
取样管
漏斗形阀门
碳素纤维管
布满网眼的圆筒
外流管道
网状出水口
海水
囊网（圆锥体及盘状体）
进水口
水下自动航行器“哨兵”
铰链式旋翼

机器人帮脑瘫婴儿学习爬行

撰文 | 科努瓦尔·谢赫（Knvul Sheikh）
翻译 | 张哲

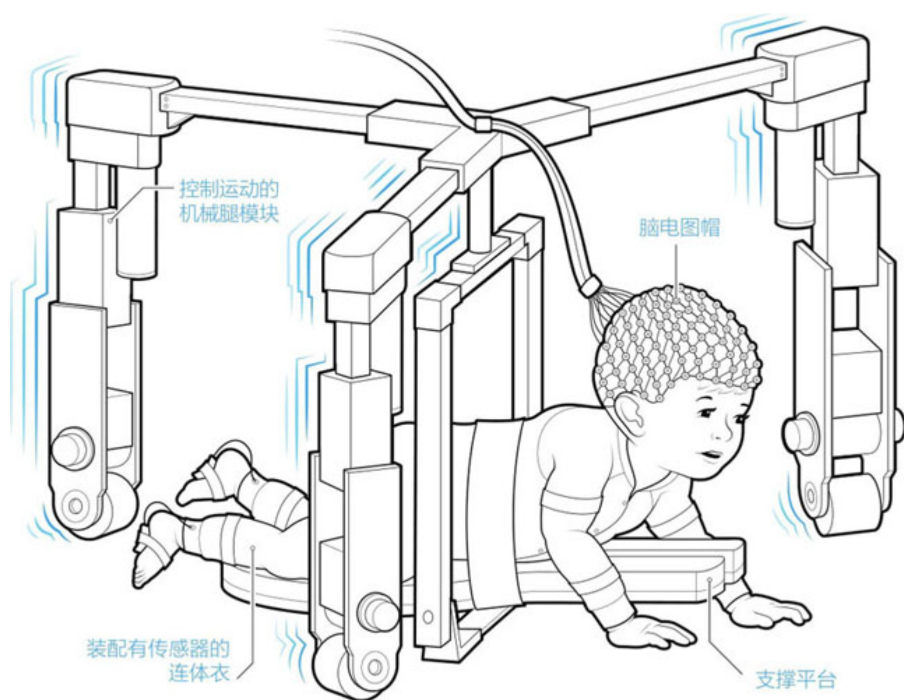
在机器的帮助下，疑似脑性瘫痪的婴儿能够更早学习爬行，爬得也更远。

美国俄克拉何马大学研究者、理疗师图比·科洛比（Thubi Kolobe）称，对于脑性瘫痪的婴儿来说，爬行是件很困难的事。这些孩子的大脑受到损伤，对肌肉的控制力较差，往往无法在地上爬行。相应地，与运动技能和空间定位相关的神经连接的发育也会由此停滞，这将导致患者日后遇到更多与运动有关的问题。科洛比解释道："用进废退，这就是大脑的格言。"

之前的研究表明，早期干预可以改善运动控制，科洛比及同事已经开发出了一种旨在助力婴儿爬行的新设备。该设备被称作"自启动俯卧式前进爬行器"（Self-Initiated Prone Progression Crawler，SIPPC），包括一个高科技婴儿连体衣，以及一个三足、有轮、使用机器学习算法的机器。连体衣中的传感器能够探测婴儿踢腿的动作或者重心的偏移，机器会据此朝相同方向给出一个支撑平台，从而在婴儿想去的方向上提供助力。

在为期12周的初步试验中，研究人员观察了28名疑似脑性瘫痪婴儿（通常只有在婴儿一岁以后才能确诊脑性瘫痪），这些婴儿每两周使用一次SIPPC练习爬行。和对照组的婴儿（使用的机器不提供辅力）相比，试验组的婴儿几乎早一个月就能围着屋子爬一周。跟踪调查表明，在这些婴儿14个月时，受到辅助的婴儿也更可能独立爬行。

该研究团队正在扩大试验规模，计划招募近80名疑似脑性瘫痪婴儿。研究的合作者之一、生物工程教授安德鲁·法格（Andrew Fagg）称："我们希望最终能开发一个机器人疗法，让这些孩子更多地活动，从而提高他们长大后参与社会活动以及独立生活的能力。"



在婴儿学着探索周边环境时，**SIPPC**机器会帮助他们爬行。

会跳高的机器人

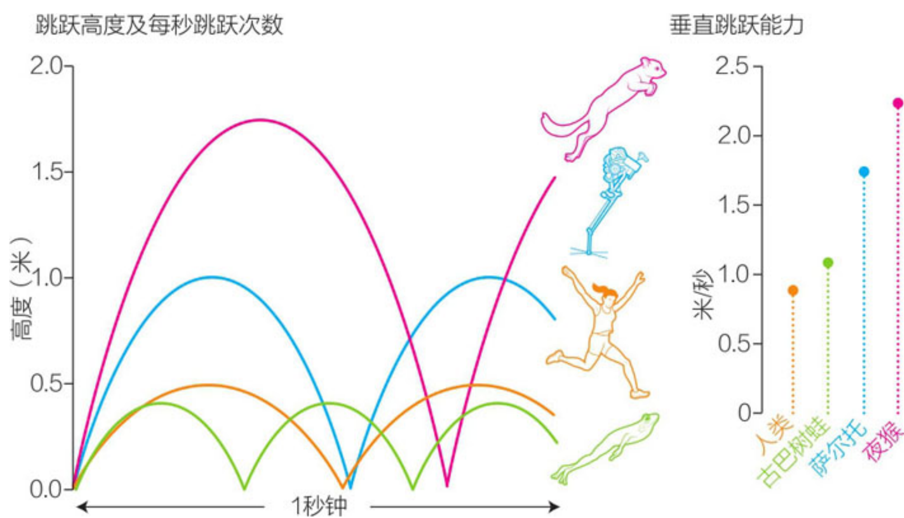
撰文 | 埃琳·比芭（Erin Biba）
翻译 | 季韬

科学家模仿一种原产于非洲的夜行灵长类动物，研发出了更敏捷的跳高机器人。这意味着，机器人爬上高层建筑只是时间问题。

众所周知，机器人的弹跳能力一直很糟糕。有一些机器人能够跳得很高，但在短时间内不能重复跳跃，反之亦然。美国加利福尼亚大学伯克利分校博士生、机器人专家邓肯·霍尔丹（Duncan Haldane）意识到，这个缺陷可能会产生一些不利之处，比如许多现有的机器人在灾难现场进行救援工作时，无法跨越较宽的沟壑及较高的障碍物。因此霍尔丹将目光转向动物王国，希望通过研究自然界最优秀的跳高选手，为创造更敏捷和自主性更强的机器人找到一个样板。

霍尔丹先是创建了一套可以评估动物跳跃高度和速度的方法。进一步研究后，他断定，自然界中最出色的连续跳跃者是一种原产于非洲的夜行灵长类动物——夜猴，也叫灌丛婴猴。夜猴的敏捷度是当今跳跃机器人的两倍。该研究发表在近期的《科学·机器人》（*Science Robotics*）杂志上。

夜猴的腿部及肌肉非常有利于蹲伏，这个动作有利于在肌腱中存储势能。霍尔丹把这些物理学原理应用到机器人身上，研发出了一款名为萨尔托（Salto）的机器人。这款机器人仅重100克（大约相当于一块香皂的重量），垂直跳跃高度能达到1米。更引人注目的是，萨尔托能从地板跳到墙上，并反弹到另一面墙上，每一次跳跃可以上升大约1.21米。霍尔丹认为，新的跳跃机制可以应用到任何机器人上。这也意味着，越来越多的机器人爬上高层建筑只是时间问题，至少它们可以通过多次跳跃来完成。



制图：阿曼达·蒙塔涅斯（**Amanda Montañez**）

更懂老人的陪护机器人

撰文｜凯瑟琳·卡鲁索（Catherine Caruso）
翻译｜赵昌昊

相比有血有肉的人类伴侣，机器人的优势在于它们永远都不会失去耐心。目前，多家研究机构研发的陪护机器人已经能够记录、分析人的面部表情并做出回应。

机器人已经能够代替人类完成一些传统工作，例如吸尘打扫、做外科手术等。不久以后，它们或许就能够照看病人和老年人了。不过，要想让保姆机器人真正发挥作用，就必须使它们能够辨识并模仿人类的情绪。为了让冷冰冰的机器表现得更加“友好”，研究人员正在研发能更好地理解人类社交信息，并做出回应的机器人。

2016年末，IBM与美国莱斯大学发布了一款“多用途老年人陪护机器人”（Multi-Purpose eldercare Robot Assistant, MeRA），它是在原有Pepper机器人的基础上，开发的一个定制版本。Pepper由日本软银机器人公司开发，身体为象牙色，高度与一个7岁的儿童相当，能够通过语音和面部表情识别人类的情绪并做出回应，已经可以在日本的商场和家庭中为人类提供服务。MeRA则是专门为待在家里的老年人设计的陪护机器人，能够记录、分析人的面部表情，计算出心率、呼吸频率等关键生命体征。

MeRA身上还集成了IBM的人工智能Watson［它可是智力问答节目《危险边缘》（*Jeopardy*）的冠军］的语言处理技术，能够与病人交流，回答有关健康的问题。IBM“本地安老”实验室的创始人苏珊·基奥恩（Susann Keohane）介绍说：“这个乖巧的机器人集合了所有最先进的人工智能技术。”

与之互补的是，南加利福尼亚大学的机器人专家马亚·马塔里克（Maja Matarić）及其团队正在研发能够与人类进行社交互动的机器人，以帮助老年人更好地融入社群。她说：“我们发现，人们在做某些重要事情的时候，非常需要来自身边的鼓励。于是，我们开辟了用机器人辅助社交的新领域，提供社交上而不是身体上的帮助。”机器人可以通过

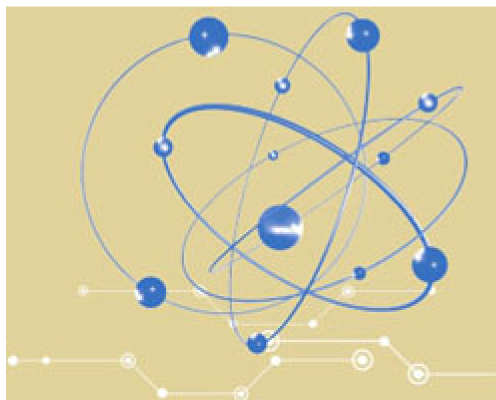
多种途径协助老年人，比如指导老年人进行物理治疗，以及帮助老年人与朋友、家人进行交流等。

马塔里克的研究团队近期测试了一款名为Spritebot的机器人。它的外形是一只1英尺（约0.3米）高的绿色猫头鹰，可以与老年人一起陪孩子玩耍。研究人员发现，当Spritebot参与到游戏当中时，人与人之间的对话更加丰富，玩游戏的时间更长，互动环节也显得更加温和友善。

马塔里克还计划让老年人与机器人两两结伴，由机器人鼓励老年人养成健康的生活习惯，比如多散步。通过观察人与机器人伙伴的互动，她希望能够研究，生活习惯是如何养成的，以及人与机器人之间的关系会发生怎样的变化。

人们能够给予老年人的陪伴或许会越来越少，因而他们对社交辅助型机器人的需求可能会相应增加。

不过马塔里克也指出，相比有血有肉的人类伴侣，机器人的优势在于它们永远都不会失去耐心，“因为机器不会怀有偏见，也不求回报”。



为什么有的番茄更美味？为什么你不如朋友受欢迎？咖啡机里有哪些数学难题？生活现象蕴含哪些科学智慧？钻石的量子纠缠，纳米纱窗可过滤90%的有害颗粒物，手机屏幕将不再反光……微观世界的研究离你并不遥远。无人驾驶汽车、人工智能芯片……人工“智”造的新传奇会是什么？本书精选《科学美国人》前沿科技资讯，带你由浅入深地掌握生活中的科学智慧、探索人工智能新时代。

我很欣赏《科学美国人》，因为它把世界科学更广泛地介绍给了读者。

——阿尔伯特·爱因斯坦

科学和艺术一样，都让我们的世界更加绚丽多彩，愿享誉百年的《科学美国人》传播科学精神，影响更多人。

——钢琴家　理查德·克莱德曼

《科学美国人》精选系列

畅享智能时代

可穿戴设备能让你边玩边学吗？
新型灯具如何助宇航员入睡？
机器人怎么做比萨饼？
……

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS

《科学美国人》精选系列

畅享智能时代

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 | 编



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS
北京 BEIJING

Copyright © Foreign Language Teaching and Research Press 2018

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of Foreign Language Teaching and Research Press.

本书版权由外语教学与研究出版社独家所有。如未获得该社书面同意，书中任何部分之文字及图片，不得用任何方式抄袭、节录、翻印或存储利用于任何数据库及检索系统等。

Published by Foreign Language Teaching and Research Press

No. 19 Xisanhuan Beilu

Beijing, China 100089

http://www.fltrp.com

图书在版编目（CIP）数据

畅享智能时代 /《环球科学》杂志社，外研社科学出版工作室编．--北京：外语教学与研究出版社，2018.11
（《科学美国人》精选系列）
ISBN 978-7-5213-0467-1

Ⅰ．①畅…　Ⅱ．①环…②外…　Ⅲ．①人工智能 - 普及读物　Ⅳ．①TP18-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第256350号

出版人　徐建忠
责任编辑　郭思彤
责任校对　蔡　迪
出版发行　外语教学与研究出版社
社　　址　北京市西三环北路19号（100089）
版　　次　2019年1月第1版
书　　号　ISBN 978-7-5213-0467-1

凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部
举报电话：（010）88817519　电子邮箱：banquan@fltrp.com
法律顾问：立方律师事务所　刘旭东律师
　　　　　中咨律师事务所　殷　斌律师

目录　CONTENTS

《科学美国人》简介
《科学美国人》精选系列
序　集成再创新的有益尝试
前言　科学奇迹的见证者
话题一　科技让生活更有趣
　　天衣无缝的视频修复
　　超高速喷墨打印机
　　预测交通堵塞
　　从iPhone到SciPhone
　　动画电影中的光学原理
　　裸眼3D崭露头角
　　手机应用预测风暴潮
　　让动画中的长发飘起来
　　可穿戴设备让你边玩边学
话题二　不寻常的材料新技术
　　“智能窗户”节能又发电
　　纳米材料也能“记忆”形状
　　设计柔性显示屏
　　像橡胶一样柔韧的玻璃
　　“打印”电池的新工艺
　　石墨烯的头号竞争者——磷烯
　　毛皮潜水衣
　　新型避火罩救助消防员
话题三　航空航天科技承载飞翔梦想
　　便携式飞机
　　天然气火箭
　　超声速脉冲爆震发动机
　　太空中的斯特林发电机
　　突破无线电黑障
　　无人机来袭

新型灯具助宇航员入睡
新材料让火箭引擎更耐高温
话题四　牵动人心的国防科技
强化甲胄
铪弹骗局
安全防御出新招
激光武器即将登场
探测核材料的“火眼金睛”
激光拦导弹
美军装备
军用飞行车即将起飞
话题五　寻求安全的信息技术
空白频段争夺战
蠕虫病毒：向集团犯罪进军
虚拟世界无法可依
存在安全后门的芯片
黑客入侵车载计算机
监控身份安全
用户评价靠谱吗
给数据中心降温
黑客工具隐匿手机数据
话题六　走进智能网络世界
打造围棋“深蓝”
博客搞定数学难题
微博的搜索利器
下一代网络：每秒千兆
计算机触觉界面
光芯片打造未来网络
纳米晶体管改造计算机
手机网络将永不崩溃
话题七　人工智能拉开时代科技大幕
一心多用的机器耳朵
航海机器人穿越太平洋

无人机保护野生犀牛
把机器人的耳朵“叫醒”
“谍影旋机”助警方破案
社交网站成科研数据重要来源
机器人做比萨饼
无人机飞进火山口
话题八　科技创新引领时代
柔性电子技术获突破
追逐太阳的概念车
“天河二号”助力石油勘探
3D打印微型金属装置
激光雷达绘制室内3D模型
触觉地图帮助盲人过马路
新型液化气电池

返回总目录

《科学美国人》简介——

《科学美国人》（*Scientific American*）创刊于1845年8月，是美国历史悠久并保持连续出版的科普杂志。《科学美国人》一直致力于用生动而严谨的文字和丰富优美的图片向大众报道最新的科学发现和技术发展动态，传播科学理念，深受几代读者的欢迎。《科学美国人》汇集了各个时代的杰出科学家和科学记者，在其170余年的出版历史中，先后有包括阿尔伯特·爱因斯坦在内的160余位诺贝尔奖获得者为该刊撰写过文章。

《科学美国人》精选系列

丛书顾问
陈宗周

丛书主编
刘　芳　章思英
褚　波　姚　虹

丛书编委（按姓氏笔画排序）
丛　岚　刘雨佳　刘晓楠　何　铭　罗　凯　赵凤轩
郭思彤　龚　聪　韩晶晶　蔡　迪　廖红艳

序　集成再创新的有益尝试

欧阳自远

中国科学院院士　中国绕月探测工程首席科学家

《环球科学》是全球顶尖科普杂志《科学美国人》的中文版，是指引世界科技走向的风向标。我特别喜爱《环球科学》，因为她长期以来向人们展示了全球科学技术丰富多彩的发展动态；生动报道了世界各领域科学家的睿智见解与卓越贡献；鲜活记录着人类探索自然奥秘与规律的艰辛历程；传承和发展了科学精神与科学思想；闪耀着人类文明与进步的灿烂光辉，让我们沉醉于享受科技成就带来的神奇、惊喜之中，对科技进步充满敬仰之情。在轻松愉悦的阅读中，《环球科学》拓展了我们的知识，提高了我们的科学文化素养，也净化了我们的灵魂。

《环球科学》的撰稿人都是具有卓越成就的科学大家，而且文笔流畅，所发表的文章通俗易懂、图文并茂、易于理解。我是《环球科学》的忠实读者，每期新刊一到手就迫不及待地翻阅以寻找自己最感兴趣的文章，并会怀着猎奇的心态浏览一些科学最前沿命题的最新动态与发展。对于自己熟悉的领域，总想知道新的发现和新的见解；对于自己不熟悉的领域，总想增长和拓展一些科学知识，了解其他学科的发展前沿，多吸取一些营养，得到启发与激励！

每一期《环球科学》都刊载有很多极有价值的科学成就论述、前沿科学进展与突破的报告以及科技发展前景的展示。但学科门类繁多，就某一学科领域来说，必然分散在多期刊物内，难以整体集中体现；加之每一期《环球科学》只有在一个多月的销售时间里才能与读者见面，过后在市面上就难以寻觅，查阅起来也极不方便。为了让更多的人能够长期、持续和系统地读到《环球科学》的精品文章，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社合作，将《环球科学》刊登的“前沿”栏目的精品文章，按主题分类，汇编成系列丛书，包括《大美生命传奇》《极简量子大观》《极简宇宙新知》《未来地球简史》《破译健康密码》《畅享智能时代》《走近读脑时代》《现代医学脉动》等，再度奉献给读

者，让更多的读者特别是年轻的朋友们有机会系统地领略和欣赏众多科学大师的智慧风采和科学的无穷魅力。

当前，我们国家正处于科技创新发展的关键时期，创新是我们需要大力提倡和弘扬的科学精神。前沿系列丛书的出版发行，与国际科技发展的趋势和广大公众对科学知识普及的需求密切结合；是提高公众的科学文化素养和增强科学判别能力的有力支撑；是实现《环球科学》传播科学知识、弘扬科学精神和传承科学思想这一宗旨的延伸、深化和发扬。编辑出版这套丛书是一种集成再创新的有益尝试，对于提高普通大众特别是青少年的科学文化水平和素养具有很大的推动意义，值得大加赞扬和支持，同时也热切希望广大读者喜爱这套丛书！

欧阳自远

前言　科学奇迹的见证者

陈宗周

《环球科学》杂志社社长

1845年8月28日，一张名为《科学美国人》的科普小报在美国纽约诞生了。创刊之时，创办者鲁弗斯·波特就曾豪迈地放言：当其他时政报和大众报被人遗忘时，我们的刊物仍将保持它的优点与价值。

他说对了，当同时或之后创办的大多数美国报刊消失得无影无踪时，170岁的《科学美国人》依然青春常驻、风采迷人。

如今，《科学美国人》早已由最初的科普小报变成了印刷精美、内容丰富的月刊，成为全球科普杂志的标杆。到目前为止，它的作者包括了爱因斯坦、玻尔等160余位诺贝尔奖得主——他们中的大多数是在成为《科学美国人》的作者之后，再摘取了那顶桂冠的。它的无数读者，从爱迪生到比尔·盖茨，都在《科学美国人》这里获得知识与灵感。

从创刊到今天的一个多世纪里，《科学美国人》一直是世界前沿科学的记录者，是一个个科学奇迹的见证者。1877年，爱迪生发明了留声机，当他带着那个人类历史上从未有过的机器怪物在纽约宣传时，他的第一站便选择了《科学美国人》编辑部。爱迪生径直走进编辑部，把机器放在一张办公桌上，然后留声机开始说话了："编辑先生们，你们伏案工作很辛苦，爱迪生先生托我向你们问好！"正在工作的编辑们惊讶得目瞪口呆，手中的笔停在空中，久久不能落下。这一幕，被《科学美国人》记录下来。1877年12月，《科学美国人》刊文，详细介绍了爱迪生的这一伟大发明，留声机从此载入史册。

留声机，不过是《科学美国人》见证的无数科学奇迹和科学发现中的一个例子。

可以简要看看《科学美国人》报道的历史：达尔文发表《物种起源》，《科学美国人》马上跟进，进行了深度报道；莱特兄弟在《科学美国人》编辑的激励下，揭示了他们飞行器的细节，刊物还发表评论并给莱特兄弟颁发银质奖杯，作为对他们飞行距离不断进步的奖励；当"太

空时代”开启，《科学美国人》立即浓墨重彩地报道，把人类太空探索的新成果、新思维传播给大众。

今天，科学技术的发展更加迅猛，《科学美国人》的报道因此更加精彩纷呈。无人驾驶汽车、私人航天飞行、光伏发电、干细胞医疗、DNA计算机、家用机器人、“上帝粒子”、量子通信……《科学美国人》始终把读者带领到科学最前沿，一起见证科学奇迹。

《科学美国人》也将追求科学严谨与科学通俗相结合的传统保持至今并与时俱进。于是，在今天的互联网时代，《科学美国人》及其网站当之无愧地成为报道世界前沿科学、普及科学知识的最权威科普媒体。

科学是无国界的，《科学美国人》也很快传向了全世界。今天，包括中文版在内，《科学美国人》在全球用15种语言出版国际版本。

《科学美国人》在中国的故事同样传奇。这本科普杂志与中国结缘，是杨振宁先生牵线，并得到了党和国家领导人的热心支持。1972年7月1日，在周恩来总理于人民大会堂新疆厅举行的宴请中，杨先生向周总理提出了建议：中国要加强科普工作，《科学美国人》这样的优秀科普刊物，值得引进和翻译。由于中国当时正处于“文革”时期，杨先生的建议6年后才得到落实。1978年，在“全国科学大会”召开前夕，《科学美国人》杂志中文版开始试刊。1979年，《科学美国人》中文版正式出版。《科学美国人》引入中国，还得到了时任副总理的邓小平以及时任国家科委主任的方毅（后担任副总理）的支持。一本科普刊物在中国受到如此高度的关注，体现了国家对科普工作的重视，同时，也反映出刊物本身的科学魅力。

如今，《科学美国人》在中国的传奇故事仍在续写。作为《科学美国人》在中国的版权合作方，《环球科学》杂志在新时期下，充分利用互联网时代全新的通信、翻译与编辑手段，让《科学美国人》的中文内容更贴近今天读者的需求，更广泛地接触到普通大众，迅速成为了中国影响力最大的科普期刊之一。

《科学美国人》的特色与风格十分鲜明。它刊出的文章，大多由工作在科学最前沿的科学家撰写，他们在写作过程中会与具有科学敏感性和科普传播经验的科学编辑进行反复讨论。科学家与科学编辑之间充分交流，有时还有科学作家与科学记者加入写作团队，这样的科普创作过程，保证了文章能够真实、准确地报道科学前沿，同时也让读者大众阅读时兴趣盎然，激发起他们对科学的关注与热爱。这种追求科学前沿

性、严谨性与科学通俗性、普及性相结合的办刊特色，使《科学美国人》在科学家和大众中都赢得了巨大声誉。

《科学美国人》的风格也很引人注目。以英文版语言风格为例，所刊文章语言规范、严谨，但又生动、活泼，甚至不乏幽默，并且反映了当代英语的发展与变化。由于《科学美国人》反映了最新的科学知识，又反映了规范、新鲜的英语，因而它的内容常常被美国针对外国留学生的英语水平考试选作试题，近年有时也出现在中国全国性的英语考试试题中。

《环球科学》创刊后，很注意保持《科学美国人》的特色与风格，并根据中国读者的需求有所创新，同样受到了广泛欢迎，有些内容还被选入国家考试的试题。

为了让更多中国读者了解世界科学的最新进展与成就、开阔科学视野、提升科学素养与创新能力，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社展开合作，编辑出版能反映科学前沿动态和最新科学思维、科学方法与科学理念的“《科学美国人》精选系列”丛书。

丛书内容精选自近年《环球科学》刊载的文章，按主题划分，结集出版。这些主题汇总起来，构成了今天世界科学的全貌。

丛书的特色与风格也正如《环球科学》和《科学美国人》一样，中国读者不仅能从中了解科学前沿和最新的科学理念，还能受到科学大师的思想启迪与精神感染，并了解世界最顶尖的科学记者与撰稿人如何报道科学进展与事件。

在我们努力建设创新型国家的今天，编辑出版“《科学美国人》精选系列”丛书，无疑具有很重要的意义。展望未来，我们希望，在《环球科学》以及这些丛书的读者中，能出现像爱因斯坦那样的科学家、爱迪生那样的发明家、比尔·盖茨那样的科技企业家。我们相信，我们的读者会创造出无数的科学奇迹。

未来中国，一切皆有可能。

话题一　科技让生活更有趣



现代社会，人们生活的方方面面都深深地打上了科技的烙印。手机里的各种应用程序帮助你收获知识、查找内容，让你与世界相连。有一天，也许你能一边处理日常事务一边学习知识。科技改变生活的同时，也让生活变得更方便、更有趣。

天衣无缝的视频修复

撰文|布里·芬戈尔德（Brie Finegold）
翻译|徐欣

新开发的图像修复软件采用了一种新的计算规则，能让计算机自动修复影片图像，迅速而且天衣无缝。

细心的电影观众可能已经注意到了，在彼得·杰克逊（Peter Jackson）执导的电影《指环王》第一部《护戒使者》的一个场景中，一辆旅行车拖着尾气一闪而过。现在人们使用的工具，如Adobe软件系列的“修复笔刷”工具，可以轻易处理和修复图像中的小瑕疵。但如果是对图像进行大块的修复处理，软件使用者就必须不厌其烦地重复同一个动作：切取小块的图像，然后将它们粘贴在需要被除去的部分上面。除非修改幅度很小，否则这种方法创造的图像效果就不敢恭维：在后来的《护戒使者》DVD（数字视频光盘）中，电影中出现过旅行车的地方变成了一个可见的模糊斑点。

新近开发的软件使用了先进的数学算法，也许能很快改变这种情况。它能帮助视频编辑人员自动掩盖影片中的移动物体，迅速且毫无破绽。美国明尼苏达大学的计算机科学家吉列尔莫·萨皮罗（Guillermo Sapiro）是这个软件的总开发师，按照他的说法，这种新开发的软件甚至能够移除遮挡其他东西的巨大移动物体。

萨皮罗对视频修复的知识建立在先前对静态图片的处理经验上。早在1998年，萨皮罗和他的3个同事在巴黎见识了传统艺术修复大师的修复技巧：他们先从受损物品的边缘入手，将物品的基本组织结构由外向内修补，然后根据图像的色饱和度（颜色的纯度）上色。研究人员模仿修复大师的工作程序，先从黑白图像开始，将这些艺术家的技术编译成数学算法（具体地说，就是偏微分方程），这种数学算法可以描述图像在各个方向上色饱和度的改变情况。

举例来说，在一张缺了一块圆形区域的桥梁图片中，这种软件能像那些修复大师一样，从圆形缺片的边缘开始向内部修补。软件的数学算法还集成了一种功能，可以在修补处理的同时，将一组特殊的曲线（也

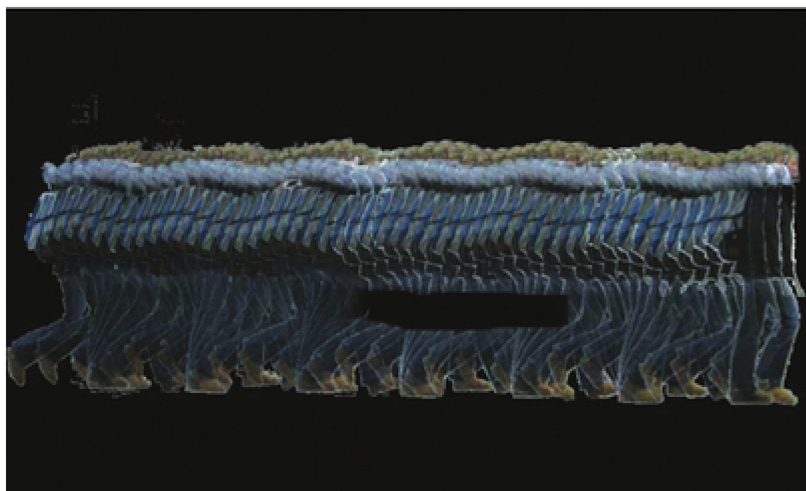
就是等亮度线，每条线上的图像色饱和度都完全相同）延伸到圆形缺片之中。当灰度色调沿着这些等亮度线由外向内填满整个圆形缺片时，图像修复过程也就完成了。萨皮罗解释说："这种由外向内进行衍生修补的方式，是最近所有图像修复技术的共同方案。"对于彩色图像，研究人员也可以先分别计算3种基本色（红色、绿色和蓝色）的色饱和度，再将它们合并起来。美国国家航空航天局（NASA）曾经使用这种方法来修复金星的图像。

这些技术突破应用于视频影像看起来非常简单，只需要对影片的每一帧图像加以修复就可以了。这种做法也许过于直接，因为它可能产生如同波浪一样漂浮不定的画面，甚至可能根本不起作用。举例来说，一帧画面中一件T恤上的图案被遮住了，如果单将这一帧输入图像程序，它就能修复出一件不带图案的完美T恤。但是经过这样的修复，视频影像中T恤的图案就会时隐时现，这样的修复显然不能算成功。不过一种能够利用视频影像时间连续性的程序，就能修复T恤上的图案。它可以从前后的其他帧中提取出没被遮挡的T恤图案，将图案叠加上去，完成对视频影像的修复。

如同液体流动一般的修复过程

视频文件修复软件的数学算法与纳维－斯托克方程式类似，后者从数学上描述了液体的运动，并且得到了广泛的研究。颜色就如同液体一样，流入空洞（照片上数据丢失的圆形区域），沿着障碍物（边界分明的图像轮廓）的边缘扩散。这种类似性激发了美国明尼苏达大学的计算机科学家吉列尔莫·萨皮罗和他的同事的想法，他们利用一种与预测液体流动方式的技术相似的数学算法，实现了视频影像的自动修复。





单帧画面的拼合叠加确定了数据损坏的范围，对它加以修补可以修复一段行人走路的视频影像。在静态的单帧画面中，数据损坏的区域是一个黑色矩形。

为了将时间连续性添加到修复算法之中，研究人员把时间视为第三维。如果把一段视频看成是一本厚厚的书，每一帧图像是书中的一页，在影片中平滑移动的图像数据丢失部分，就是一只扭曲着身体前行的蠕虫在书中咬出的空洞，洞的长度就是影片中受损图像持续出现的时间。一旦洞的时空边界被确定下来，程序就可以修复蠕虫咬出的三维空洞，同时修复每一帧二维图像上的数据损坏，创造出流畅的视频画质。对程序使用者来说，幸运的是，他们只需要确定一帧画面中的图像错误，程序就能自动将视频文件里静态的图像与动态部分分辨出来，提取出蠕虫咬出的整个空洞。

萨皮罗的算法还没有应用在商业软件中，萨皮罗和他的同事仍然在继续改进他的算法。在一篇论文中，萨皮罗与来自美国明尼苏达大学的凯达尔·帕特瓦尔丹（Kedar Patwardhan）和西班牙巴塞罗那的庞佩乌·法布拉大学的马塞尔·贝尔塔米罗（Marcel Bertalmio）一起，描述了一种速度更快的计算方法，并且这种方法能够处理摄像机在变焦时拍摄的图像。至今为止，没有一种软件能够移除不断放大或者缩小的物体，当摄像机对准某一目标被拉近或者拉远镜头时，就会产生这样的效果。同时，也没有哪种运算方法能够处理飘忽不定的移动物体。当科学家战胜这些困难的时候，他们也许就能让罗列出《泰坦尼克号》182处错误的网站关门了，比如moviemistakes.com。

超高速喷墨打印机

撰文|蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译|Kingmagic

澳大利亚的一家研究公司开发了一种新型喷墨打印机，它的新型喷嘴让喷墨打印机的彩色打印速度加快了**30**倍。

经过十多年的研发，一种新型打印机已经在澳大利亚初具雏形。研发小组最初的构想是制造出一台小到可以塞进数码相机的打印机，不过最后的成果却是一台名为Memjet的喷墨打印机，它打印彩色照片的速度比已有的打印机快30倍。（打印机的名字来源于微机电系统的缩写MEMS。）

喷墨打印机主导着目前的桌面打印市场。它通过喷嘴往打印纸上喷洒墨滴进行打印。常规的喷墨打印机在打印时会在打印纸上来回移动喷嘴，就像织布机上来回穿梭的梭子一样。

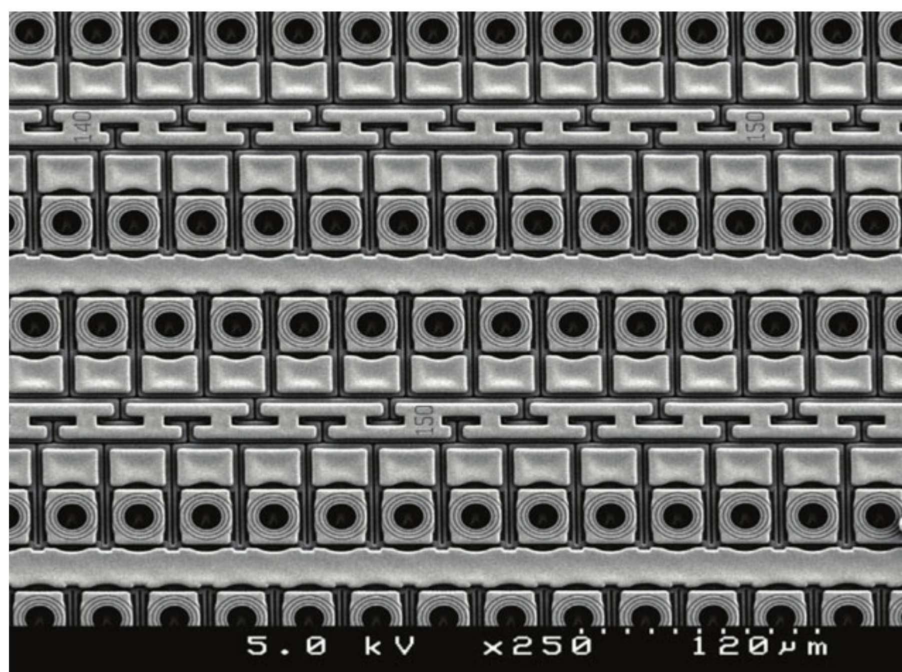
相反，由位于澳大利亚悉尼市的西尔弗布鲁克研究公司开发的Memjet则拥有一排排固定的喷嘴阵列。这些喷嘴阵列的宽度与打印纸宽度相同，所有喷嘴都可以同时喷墨。这种设计减少了打印机的活动部件，从而降低了振动和噪声。这种设计还能在1秒钟内完成一张高质量彩色页面的打印，比已有的消费级打印机快大约5倍。凭借这一速度，这种打印机在1分钟内可以打印30张4英寸×6英寸（1英寸＝2.54厘米）的彩色照片。位于美国马萨诸塞州牛顿维尔的天琴座研究公司的分析师史蒂夫·霍芬伯格（Steve Hoffenberg）一直在关注影像工业的进展，他评论说："与这种打印机相比，其他任何打印机的打印速度都像冰河的流速一样缓慢。"

和许多喷墨打印设备一样，Memjet也需要将墨水加热到沸腾，产生墨水蒸气，再通过喷嘴喷射出去。不同之处在于，传统喷墨打印机的加热电路分布在喷嘴的管壁上，而Memjet则将加热器悬空伸进墨水当中。

这种放置方式可以冷却加热器，因此Memjet可以将喷嘴排列得非常紧密，每平方毫米可以安置多达320个喷嘴——是已有主流打印机喷嘴密度的17倍。更紧密的喷嘴排列意味着更高的资源利用率和更低的成

本。目前，西尔弗布鲁克研究公司的目标是将Memjet打印机的生产成本维持在与其他消费级打印机相同的档次上。

Memjet喷射出来的墨滴大小，仅有大多数喷墨打印机墨滴的1/5。这种墨滴的体积极小，可以打印出精度达1600dpi的清晰照片，超过了人眼的分辨能力，与已有的主流打印机不相上下。Memjet的首席设计师基亚·西尔弗布鲁克（Kia Silverbrook）解释说，要设计一种墨滴大小与Memjet相似的常规喷墨打印机并非难事，但这种常规打印机需要喷射5倍以上的墨滴，“因此打印速度也只有Memjet的1/5，我们在速度上占了不少优势”。该公司还声称，Memjet不会比已有喷墨打印机更容易发生喷嘴堵塞故障。



新型喷嘴：**Memjet**使用与打印纸宽度相同的一排排固定的喷嘴阵列，因此可以进行高速打印。

2007年3月21日，在捷克首都布拉格召开的全球喷墨打印机会议上，西尔弗布鲁克研究公司公布了他们的这项新技术。至于能够塞进数码相机的微型打印机，该公司表示仍有可能开发成功。

Einnahmen 2005

预测交通堵塞

撰文|马克·菲谢蒂（Mark Fischetti）
翻译|王栋

IBM推出了一个新系统，它能提前**1**小时预测交通堵塞，使驾驶员远离交通堵塞。此外，此系统的分析技术还可以在其他领域派上用场。

车载导航系统和移动应用软件能提示驾驶员如何避开交通堵塞。问题是，当驾驶员收到这些信息时，他们大多已在路上，甚至已经陷入交通堵塞。IBM（国际商业机器公司）推出的一个系统，能在堵车前1小时预测车流量，让驾驶员有足够的时间绕行，避免陷入交通堵塞。

在新加坡进行的试运行中，该系统对遍布市区的500个地点进行了交通预报，准确预测了这些地区的车流量（准确率为87%～93%）和车速（准确率为87%～95%）。在芬兰和美国新泽西州高速公路进行的测试中，该系统的预测情况也得到了类似的结果。

预测成功的关键是预测模型，它能将路面传感器、摄像机及出租车上GPS（全球定位系统）转发器发来的实时数据，与过往交通信息、路面情况和天气预报结合在一起综合分析。每周，这套预测模型都会根据最近6周的统计数据重新校准。通过道路上的电子信号牌和车载导航系统，这套预测模型能发布提示信息，预测堵塞路段何时恢复畅通。

IBM发言人珍妮·亨特（Jenny Hunter）表示，该公司已经同美国两个交通部门签订合约，打算推出一套完整的预测系统。实施地点很快就会被公布。新加坡可能也会使用这个系统。该国还在测试另一版本的系统，它能为站台候车的乘客预测公交车到站时间。



避免塞车：**IBM**提供的一项新服务能提前**1**小时预测堵车情况，并能提供备选行车路线。

在每个地方，持续运行的预测系统都会给出经过优化的出行建议。如果高速公路1发生堵塞，许多得到这一消息的驾驶员就会涌入高速公路2，那么很快，高速公路2也会堵塞。工程师会继续根据情况调整模型，让它决定是向25%还是向40%的驾驶员发送信息，才能更好地调节这两条高速路上的车流量。而且由于驾驶员的手机持有率非常高，IBM正在与一些通信公司合作，以便连续监控道路上手机用户的密度变化，这有助于建立更加精确的预测模型。为了保护隐私，手机用户的身份信息不会被泄露。

IBM还宣布，他们打算开发个人服务项目：根据当前路况，提前告知个人用户，在多条候选路线中哪一条能让他们最快到达目的地。相关信息会通过语音提示发送至车载导航系统或手机上。

在其他领域，类似的分析技术也能派上用场。位于美国纽约州阿蒙克的IBM服务开发部副总裁罗伯特·莫里斯（Robert Morris）评价说："预测模型的好处是，通过转换，它可以用在不同领域。"在以色列

海法市IBM的实验室里，研究人员正在测试一个名为EuResist的软件，它可以预测鸡尾酒疗法中的不同药物组合对艾滋病人的疗效。通过比对一个不断更新的数据库（包含33,000位病人和98,000种疗法的治疗结果），这个软件能分析艾滋病病毒的基因型和病人当前的健康状况。类似的软件或许还能帮助医生确定哪种乳腺癌或前列腺癌疗法在病人身上的效果最好。

IBM还与美国华盛顿特区供水与污水管理局合作，实时预测水网中哪里可能出现问题，比如下暴雨时，哪条下水道可能排水不畅。合作的目标是，在整个水网系统内提前调整阀门，尽可能减少溢水量，提前派遣维修人员赶往事故地点。2010年3月，IBM还在中国西安设立了一家预测分析实验室，帮助商业客户（如西安银行）提前预测客户动态。



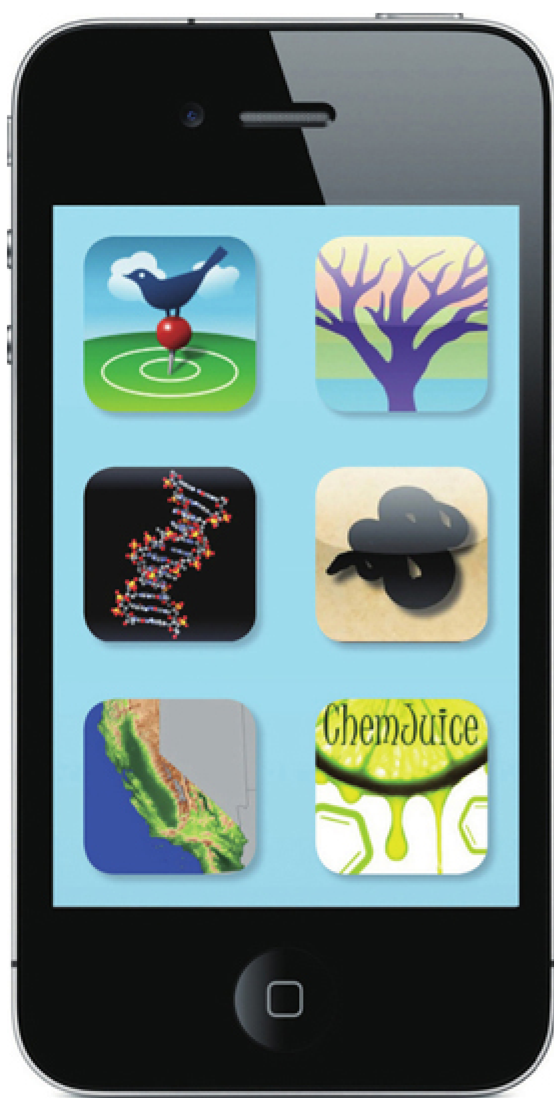
从iPhone到SciPhone

撰文|蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译|王栋

科学家正在研发**iPhone**的应用程序，以促进科学研究，实现从**iPhone**向**SciPhone**的过渡。

●鸟眼（Birdseye）

由美国康奈尔大学鸟类学实验室研发的“鸟眼”程序，能提供北美大陆上最常见的数百种鸟类的信息，包括鸟的照片和鸣叫声。根据用户向eBird.org网站在线提交的目击报告，这种程序可以告知鸟类观察者他们所在的区域哪里有鸟。eBird.org网站是一个由康奈尔大学和美国国家奥杜邦学会（美国一个民间鸟类保护组织）共同运营的项目。科学家可以根据观察者提供的信息，弄清楚鸟类的分布、活动和数量。



此手机外观图为iPhone 4，苹果公司于2010年推出该款手机，目前该公司每年都会推出新款iPhone。

•时间树（Timetree）

人类和黑猩猩最近的一个共同祖先生活在什么年代？你可以通过一个叫作“时间树”的程序来查找答案。这个由美国亚利桑那州立大学和宾夕法尼亚州立大学的科学家共同开发的应用程序，能在美国国家生物技术信息中心的大型数据库中搜索数据。该数据库包含超过160,000种生物信息。对于这种问题，“时间树”在数秒钟内就能给出人类和黑猩猩进

化分离的时间，答案中还会包括相关论文的引用情况。

•分子（Molecules）

这个程序能描绘化学物质的三维模型，用户可以通过触摸屏来操控。这些模型不仅仅是一些漂亮的图片，分子的三维结构往往决定了自身的性质，因此这些模型能帮助研究人员和科学爱好者了解化学物质的作用机理。“你随时可以向同事展示蛋白质的分子结构，比如吃午餐的时候。”哥伦比亚大学的病毒学家文森特·拉卡涅洛（Vincent Racaniello）说。

•我找到了（Ivegot1）

你想发现外来入侵物种吗？外来野生物种（例如缅甸蟒和尼罗巨蜥）正在入侵美国佛罗里达州，破坏当地生态系统。科学家和志愿者可利用这个程序来识别那里的爬行动物，该程序能提供不同物种的照片、特征、分布区域等信息，还可以分辨这些物种是本地生物还是外来入侵者。

•地质学（Geology）

这是由Integrity Logic公司开发的程序，它向用户提供了美国26个州的地图，其中包含多达50个信息层，包括岩石类型、年龄、地震断层以及过去的地震记录。不仅是科学家，普通用户也会觉得它很有用。“采集蘑菇的人可以利用森林火灾的数据记录，因为某些蘑菇在发生过火灾的地区长得更好。”Integrity Logic公司的创始人马克斯·塔尔迪沃（Max Tardiveau）说。



●化学果汁（Chemjuice）

你想快速建立自己的分子数据库吗？有了“化学果汁”程序，你只需要在触摸屏上滑动手指，就能绘制出一个化学键；轻敲屏幕，就能去除一个分子或化学键，或者改变化学键的类型。这个应用程序还能计算分子量和分子中各元素的百分含量，并能通过电子邮件将这些分子结构发送到任何你想发送的地方，这对于学生和专业人士来说很是方便。

动画电影中的光学原理

撰文|约翰·斯科特·莱温斯基（John Scott Lewinski）
翻译|红猪

皮克斯动画电影营造出一个个虚幻的世界，而它们的背后是现实世界中光照技术的不断改进。皮克斯是如何在《赛车总动员2》中引入逼真的光学特效的？

尽管皮克斯动画工作室的故事都发生在幻想味十足的世界里，但是营造这些场景所需的科学和技术却都源于现实世界。

为了制作《赛车总动员2》，主创人员（与《玩具总动员》、《飞屋环游记》和《瓦力》等影片为同一班人马）不得不研究起了汽车表面反射的光线。这部续集的场景不再是第一集中那个沙漠小镇，而是移到了一场国际车赛的赛场，这就意味着画师们必须描绘大量赛车驶过不同赛道和路面的场景。主创人员很快就意识到，要完成这部影片，皮克斯原有的3D光照系统必须大幅升级才行。

“汽车的设计和上漆都是为了与色彩和光线产生独特的关系，”皮克斯光照组的成员苏迪普·兰加斯瓦米（Sudeep Rangaswamy）表示，“因此，我们必须研究光线从快速移动的车辆上反射回来的方式，以及车辆的移动和反光特性对于周围环境的影响。”





《赛车总动员2》的画面。

皮克斯的一支团队研究了汽车的涂料、碳纤维和铬的吸光特性，以及标准头灯和LCD（液晶显示）头灯对黑暗的穿透强度和射程。研究结果被编成算法，用来实时计算并补偿在反光和吸光材料上的光照频率和色彩温度。

接下来，这项研究又整合进了一个新的光照引擎。所谓光照引擎指的是一种软件，它能让画师在场景中制造出来自任何方向的光照，而这正是真实世界中的摄像指导所期望的效果。光照引擎和虚拟摄像系统的结合，让导演约翰·拉塞特（John Lasseter）得以创造出任意机位的场景。“有了这部新引擎，场景里的光线就能和画师放进场景里的角色准确地互动了，”兰加斯瓦米说，“举例来说，我们在影片里重建了东京闹市

的每盏霓虹灯。依靠人工智能，光照引擎创造出这些光线并加以保持，从而建立起了正确的光照关系，而这些都是自动完成的。”

就这样，闪电麦昆疾驰而过，红色的车身上反射出跑道和霓虹灯的光，路边的水塘里也映出它的红色身影，还让它身边的汽车变了色彩。这一切，都无需动画师一幕一幕地“亲手”渲染。现在，新的光照技术已经留在了皮克斯的专利软件库中，它会继续得到更广泛的应用。

裸眼3D崭露头角

撰文|拉里·格林迈耶（Larry Greenemeier）
翻译|赵瑾

一项新的技术能让观众在不配戴特殊眼镜的情况下体验**3D**效果，目前这项技术仍在研讨之中。可以肯定的是，裸眼**3D**的实现能让**3D**电视得到更广泛的应用。

几年前，在消费电子和娱乐产业的推动下，3D电视的销售着实火爆了一番。然而，这项技术仍有一个很大的局限：观众需要佩戴一副特殊眼镜才能体验3D效果。目前，一些市场专家认为，这种技术没法真正普及，除非在不用眼镜的情况下，消费者也能体验到3D效果。





虽然裸眼3D技术已在一些智能手机和便携游戏机的小型屏幕上应用，但这些产品使用的背光液晶显示屏不仅耗电量高，也使产品本身的大小受到了限制。研究人员开始使用前景更好的发光二极管3D显示屏，他们开发了自动立体3D技术，利用微小的棱镜阵列，制造出不用眼镜就能看到的3D影像。发光二极管是因有机化合物对电流产生响应而发光的，因此这种显示屏会比液晶显示屏更薄、更轻、柔韧性更好。这项技术的详细介绍发表在2011年8月的《自然·通讯》杂志上。

韩国首尔大学、Act公司和Minuta技术公司的研究人员，在一块屏幕上设置了一个微型棱镜阵列，充当过滤器，把光线导至特定方向。利用这种棱镜阵列——研究人员用拉丁文“Lucius”（意思是“闪亮”）为之命名，研究人员能让屏幕显示一个只有从特定的角度才能看到的图像。通过调节光线强度，同一个屏幕可以显示出两幅完全不同的图像，一幅传给观看者的左眼，另一幅传给观看者的右眼。观看者的左右眼同时看到这两幅图像，就会产生一种深度感知，使大脑认为看到的是3D影像，从而观看者不需要佩戴任何特殊眼镜。

一些研究人员还介绍了实现裸眼3D技术的其他方法。比如，HTC公司的EVO 3D和LG公司的Optimus 3D智能手机的屏幕，就使用了视差屏障技术，屏幕由精密设计的狭缝组成，能让每只眼睛看到不同的像素组

合。遗憾的是，观看者只能在一个特定角度才能体验到3D效果，研究人员正在努力弥补这个缺陷。

手机应用预测风暴潮

撰文|锡德·珀金斯（Sid Perkins）
翻译|郭凯声

新开发的手机应用和网络版应用或许会让风暴潮的预报更加容易。

你是否在选购沿海一带的房产？你想知道风暴潮引发的洪水在你中意的小区那里曾达到多高的水位吗？现在就有一项应用正好满足你的需求。美国西卡罗来纳大学的一个研究团队，搜集了大西洋和墨西哥湾沿岸3400多个地方过去65年来的风暴潮资料。2012年，该团队开发的网络版应用原型于6月1日（即大西洋飓风季节开始的那一天）之前在http://stormsurge.wcu.edu启用，用户只需在应用中输入地址或邮编，即可查看一张显示了该地区所有高水位记录的地图（手机应用会自动识别用户所在地）。该地图还会显示引发洪水的飓风的移动路线，以及可能影响风暴潮水位高度的其他一些飓风资料（风暴潮水位预报难度之大是众所周知的）。西卡罗来纳大学团队的成员凯蒂·麦克道尔·皮克（Katie McDowell Peek）认为，对这一信息宝库进行详细分析，或许有助于我们更好地了解一些与风暴无关但会影响风暴潮的因素，包括海岸线的形状、邻近海岸的洋底坡度以及风暴是否在高潮期间袭击陆地等。科学家把预测到的风暴路径及强度，同以前袭扰海岸地区的飓风的路径和强度进行对比，或许可以提高预测风暴后果的能力。



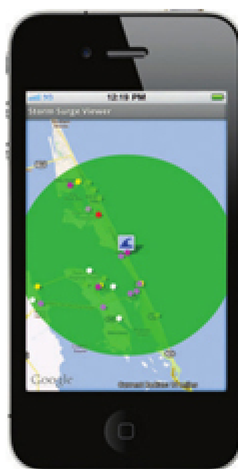


风暴潮、海啸和潮汐都是什么？

风暴潮是由热带气旋、温带气旋、海上飑线等风暴过境所伴随的强风和气压骤变而引起叠加在天文潮位之上的海面振荡或非周期性异常升高。

海啸是由海底地震、火山爆发或巨大岩体塌陷和滑坡等导致的海水长周期波动，能造成近岸海面大幅度涨落。

潮汐是在天体引潮力作用下产生的海面周期性涨落现象。


Storm Surge Viewer
Google

让动画中的长发飘起来

撰文|雷切尔·努维尔（Rachel Nuwer）
翻译|郭凯声

工程师的一项研究成果，可以帮助计算机动画制作者为动画角色安上一头更加飘逸灵动的卷曲长发。

在梦工厂动画出品的动画片《怪物史莱克》中，菲奥娜公主几乎总是把她的头发梳到脑后。菲奥娜公主的发型被设计成这样，并不是为了赶时髦，而是有着物理学上的原因。要想制作头发垂下来的画面，并打造出逼真的效果，需要进行一连串复杂的运算。因此计算机动画制作者通常偏爱短发和盘发，对飘逸的长发则敬而远之。无独有偶，大屏幕上的动画角色，绝大多数也都是梳着直发辫，因为从数学的角度来看，绘制三维的直发辫比较简单。

好消息是，计算机动画制作者的工具箱中或许即将增加一些新的“法宝”。梦工厂和皮克斯动画工作室制作的动画角色拥有一头灵动的卷曲长发，这也许很快就会变成现实。一个研究团队破解了一束卷发的物理学原理，并将研究结果发表在了《物理评论快报》上。“这是人们首次从三维角度对一束天然卷发的动态效果进行全面描述，”该研究报告的作者之一、麻省理工学院机械工程专业助理教授佩德罗·雷斯（Pedro Reis）说，“我们认为一束卷发的几何性质是高度非线性的，我们通常用这个术语描述复杂事物。”



雷斯和同事一开始并不打算研究卷发，他们想要研究的是细长管状结构的弯曲度，比如海底电缆、油气管道和细菌的微细尾毛。他们准备了一些空心的管状模具，然后把模具缠绕在直径为3.2～100厘米的圆柱形物体上。接着，他们向模具内注入一种类似橡胶的物质，干了之后就形成了一些弯曲程度参差不齐的柔性长条。他们把长条挂起来，考察重力对其形状的影响。看着这些长条一根根并排悬在那里，研究人员意识到这些长条与一缕缕头发有着惊人的相似之处，像极了从直发到非洲人卷发在内的各种发型。

研究人员进行了约11,000次计算机模拟，然后利用这些数据制作了一个模型。该模型描述了一束悬挂的长条在曲度、重量、长度及刚度4个参数的影响下，形成的不同几何形状。这个模型可以应用到动画制作软件中，但前提是，还得把每缕卷发之间的互动关系，以及风和其他外力对头发的作用搞清楚。

这个模型也可用于计算钢管及其他卷绕材料的曲度。“作为工程师，我们一开始想的是如何解决工程方面的问题，”雷斯说，“我并非专业发型师，说真的，我其实是个秃头。”

可穿戴设备让你边玩边学

撰文 | 陈英菲（Ingfei Chen）
翻译 | 王舟

提供触觉刺激的可穿戴设备或许能帮助人们边玩游戏，边学习莫尔斯码。或许有一天，你可以一边处理日常事务，一边学习。

莫尔斯码由嘀嘀嗒嗒的长短信号构成。初步研究表明，学习这种电码可能没那么费力，也没那么费时，诀窍就在于提供触觉刺激的可穿戴设备。研究成果显示，可穿戴设备或许能够影响人的潜意识，让我们在处理日常事务的同时，学会一些“手艺”。

佐治亚理工学院计算机科学教授萨德·斯特纳（Thad Starner）与博士生凯特琳·塞姆（Caitlyn Seim）研究的是触觉学，这是一门结合了计算机设备与振动等触觉刺激的科学。2016年9月，在德国海德堡举行的第20届国际可穿戴计算机研讨会上，他们宣布了自己的研究成果：他们对谷歌智能眼镜进行编程，佩戴者可用它被动地学习莫尔斯码，该研究已经取得了初步成功。

莫尔斯码

莫尔斯码是一种时通时断的信号代码，通过不同的排列顺序来表达不同的英文字母、数字和标点符号，包括：点、划、点和划之间的停顿、每个词之间中等的停顿以及句子之间长的停顿。



在研究中，12位参与者佩戴谷歌智能眼镜，同时在计算机上专注地玩网络游戏。该测试由数个长达1小时的阶段构成，在每个阶段里，一半参与者既能听到谷歌智能眼镜内置扬声器不断重复拼读的单词，又能感受到右耳后方的敲击（来自内置于镜架的骨导传感器），这些敲击分别对应了每个字母在莫尔斯码中的“点”或“划”信号；其余一半参与者则只能听到扬声器的拼读，感受不到骨导传感器的振动。

在每一轮游戏过后，研究人员要求所有参与者用手指在智能眼镜的触摸屏上，按莫尔斯码敲击出字母。例如，参与者在屏幕上敲击“点划点”，则智能眼镜的可视化屏幕上就会显示出字母“i”。该简短测试实质上会促使参与者去尝试学习莫尔斯码。在4轮游戏后，接受过触觉刺激的参与者敲击全字母短句（指包含全部字母的句子）的准确率高达94%。而未接受触觉刺激的参与者最终的准确率仅为47%，这些参与者仅能通过他们在输入时的“试错”来学习。

斯特纳表示，这项研究说明，“即使在心不在焉时，用户也可能通过可穿戴设备学会一种输入法”。他补充说，被动触觉学习法有望帮助用户快速掌握辅助键盘的新文本输入方法，或者让用户学会在智能手表上盲打，敲击出与莫尔斯码体系类似的信号。这或许真的会让人们使用移动与可穿戴设备的方法发生巨大变化。

塞姆说，这些研究结果与他们先前对被动触觉学习的其他研究结果“完全一致”。例如，他们曾研发出一种智能手套，该手套可以向手指传递振动信号，培养“肌肉记忆”，帮助人们学习钢琴演奏或盲文输入。

德国人工智能研究中心的保罗·卢科维奇（Paul　Lukowicz，未参与

这项研究）评论说，该实验尽管规模不大，但展示了可穿戴设备是如何让用户“一边处理日常事务一边获取信息，进行学习”的。要是在睡梦中听中文，就能把普通话说流利，那该多好！

话题二　不寻常的材料新技术



产品的生产要用到各种性能的材料。科学家和工程师们仍在不断探索、创造新技术，追寻新型材料，满足各行各业的需求。也许在不久的将来，玻璃会像橡胶一样柔韧，我们失手掉落一只玻璃杯时，不会产生碎片。不寻常的新型材料，走进寻常百姓家。

“智能窗户”节能又发电

撰文|蔡毅

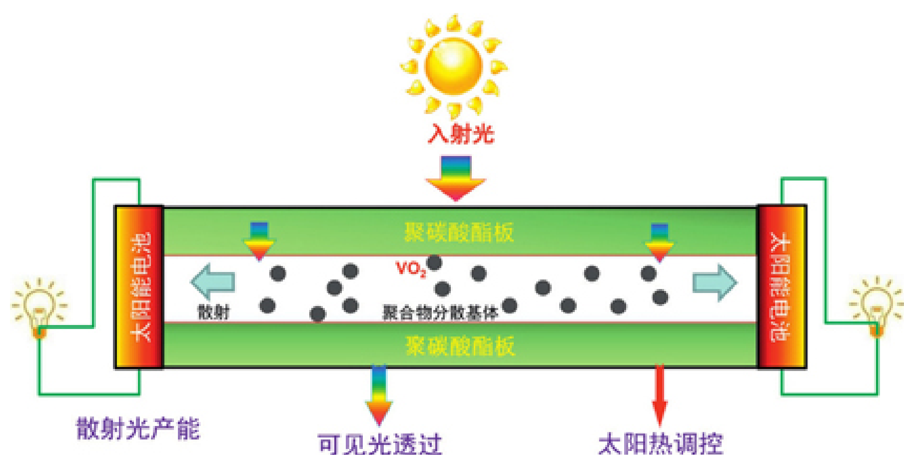
一种兼具节能和太阳能发电两大功能的“智能窗户”，将吹响建筑物节能新号角。

将太阳能电池植入一种可自行调节热传递的“智能窗户”，使窗户集节能与发电两大功能于一身，而且完全不影响窗户的透明度——这不是科幻电影中的桥段，中国科学家正在把这一场景变为现实。

中国科学院上海硅酸盐研究所高彦峰领导的一个研究团队，通过为玻璃镀上一层二氧化钒，开发出了一种可根据环境温度，调节阳光中红外线透过率的节能玻璃。而且在此基础上，他们还利用二氧化钒对入射光的散射作用，把散射的阳光导向玻璃四周的窗框（这些窗框由高效的太阳能电池板构成），因此这种窗户在节能的同时还可发电。这项研究发表在2013年10月24日的《科学报告》上。

上述“智能窗户”的实现，依赖于二氧化钒可以发生相变的特殊性质。相变前后，二氧化钒的结构、光学和电学性能都会发生显著变化。

低温时，二氧化钒晶体呈半导体或绝缘状态；高温时，二氧化钒晶体的结构会发生改变，显示出金属特性。因此，发生相变后，二氧化钒的电阻也会发生大幅度变化：高温时，二氧化钒的电阻仅为低温时的百分之一到百万分之一。在光学性质方面，相变前后，可见光的透过率几乎不会变化，但对于红外线，“智能窗户”却可由低温的透明状态，转变为高温的反射或吸收状态，这就是“智能窗户”可以根据环境温度变化，调节红外线透过率的关键所在。



二氧化钒的另一个好处在于，它还可以吸收紫外线，阳光中约93%的紫外线都可被它吸收，并且这不会受到二氧化钒相变的影响。（众所周知，在紫外线的长期照射下，人体会受到伤害，室内家具的使用寿命也会受到影响。）

为了让通过窗户的可见光不被“浪费”，高彦峰和同事想到了用可见光来发电。他们最初的设想是，将高效太阳能电池夹在玻璃中间，但由于太阳能电池的透光性不好，这一方案无法实现。于是，高彦峰把目光转向了窗户四周，设计出了一种“三明治”结构的玻璃，两层透明的玻璃板中间夹着一层二氧化钒镀膜。然后，在窗户四周安上高效太阳能电池。他通过调节镀膜中二氧化钒颗粒的形态、大小及彼此之间的距离，使这些离散分布的纳米颗粒形成数以千万计的“小斜面”。当大量可见光通过时，总有些可见光会撞上“小斜面”而改变传播方向，照射到四周的太阳能电池上，达到发电的目的。

测试结果表明，这种“智能窗户”在节能方面表现优异：夏季使用空调时，可减少10%以上的电能消耗，而且随气候条件不同，最高可节省30%的电能。至于发电，根据现有实验结果测算，5平方米的玻璃窗户在正午阳光最强的时候，所产生的电量可以点亮一个34瓦的灯泡。如果能找到合适的产业化合作伙伴，高彦峰认为，在1～2年内，这种“智能窗户”就可以实现产业化。

尽管相对于普通窗户，“智能窗户”所用材料多，制作工艺复杂，成本会因此上升，但考虑其节能、发电，以及对环境和居住舒适度的贡献，“这一产品仍将是性价比非常高的新一代窗户”，高彦峰说道。

纳米材料也能“记忆”形状

撰文|廖红艳

研究人员找到了一种纳米级别的记忆材料，它可以“记住”自己变形前的模样，并恢复到原来的样子。

在1966年的科幻电影《神奇旅程》中，美国中央情报局将一艘载有营救人员的潜水艇，缩小至微米级别，注射到一位遭遇刺杀、处于昏迷状态的科学家体内，以清除他大脑中的血块。

这部科幻电影中的微型潜水艇，与我们今天说的微机电系统有些相似。微机电系统通常包含提供动力的微发动机、微处理器和若干获取外部信息的微型传感器，虽然它们的结构并不复杂，但对材料的要求特别苛刻。因为在微米和纳米尺度下，材料会产生巨大的表面效应，普通材料几乎完全无法适用，那么，什么样的材料才能担当这一重任呢？

北京师范大学物理学系教授张金星及其团队，提供了一种可能的材料——铁酸铋。通过实验，他们证实，在纳米尺度下，铁酸铋能实现形状记忆，且形变程度可达14%。相关论文《纳米级形状记忆氧化物》发表在2013年11月19日的《自然·通讯》上。

早在上世纪60年代，科学家就已经发现，铁酸铋拥有很多优良特性，是制备多功能、高密度微型器件的上佳材料。不过，由于那时的技术还无法在原子尺度上操控晶体生长，实验室一直无法制备出质量足够好的样品来实现这些性能。

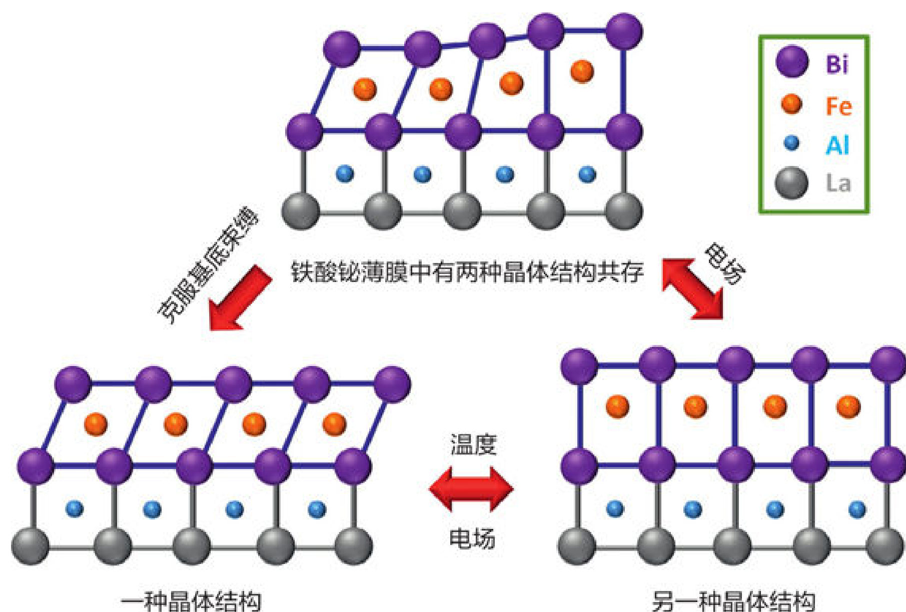
直到2003年，科学家才第一次在实验室合成出了高质量的铁酸铋薄膜，从此掀起了一股研究铁酸铋材料的热潮。绝大多数科学家都着重研究铁酸铋的电磁特性，希望把这种材料用于微电子领域，从而用电场而非电流来控制材料的磁性。这样不仅可以解决机器发热的问题，还能实现更高密度的数据存储。

张金星及其团队关注的则是铁酸铋材料的形状记忆特性。2011年，他们成功地在铝酸镧基底上制备出了铁酸铋薄膜，并发现薄膜中存在两种不同的晶体结构。正是从那时起，研究人员有了一个想法：传统的形状记忆合金能在温度刺激下，从一种晶体状态转变为另一种晶体状态；

新材料拥有两种不同的晶体结构，如果在电场、压力或温度的作用下，材料可以从一种结构向另一种结构转变，那么材料形状是否可以实现来回转变呢？

要验证这个想法，研究人员需要先让拥有两种晶体结构的材料，转变成只有一种晶体结构的纯相。然而，想让薄膜材料发生形变并不容易，因为基底对薄膜有巨大的束缚作用，会限制薄膜的形变程度。

怎样才能克服基底的束缚呢？研究人员想到一个办法，他们在薄膜上刻蚀出一个孤立的“小岛”，让这个区域与周围断开，不再受到周围环境的束缚。随着“小岛”的面积越来越小，研究人员终于得到了仅有一种晶体结构的铁酸铋晶体。然后，研究人员给这种晶体一个温度刺激，它的结构就会改变，完全转变成另一种晶体结构；而给新的晶体结构施加电场、温度等刺激，它又会恢复成之前的结构。



至此，研究人员终于实现了晶体结构的双向转变，而随着晶体结构的转变，材料形状也随之转变。也就是说，材料具有形状记忆效应。

除了形变效应大，这种新型铁酸铋材料还具有很高的硬度（是金属材料的50～100倍），形变时会产生很大的机械力，如果能证明这种材料的耐疲劳性同样优秀，它完全可以成为微机电系统中发动机、传感器的制备材料。

另外，材料中的两种晶体结构还可以扮演存储器中的“1”和“0”的角

色，这使它在高密度存储方面也有极大的应用潜力。

谈到未来，张金星充满希望：“现在，这种材料已经可以长到硅基底上了，这是一个技术上的突破，意味着它可以集成到微电子工艺中了。”

新的纳米级记忆材料还可以用来做成什么呢？不妨以最大胆、最科幻的方式来想象吧，因为我们还不知道，在几年后，这一领域的研究水平可以达到多么科幻的程度。

形状记忆效应

形状记忆效应指具有一定形状的固体材料，在某一状态下经塑性变形后，通过加热或改变其他条件，材料又恢复到初始形状的现象。

设计柔性显示屏

撰文|凯瑟琳·布尔扎克（Katherine Bourzac）
翻译|张哲

利用柔性显示屏，我们可以制造出可弯曲的电子产品。

在2014年秋天，一些iPhone 6用户感到很不安，因为他们发现自己的这款新手机有点变弯了。苹果公司对此的回应是，这种情况非常罕见，并称自己的产品达到了高质量标准，经得起日常使用。不过，有些技术公司倒是希望可以创造出可弯曲的电子产品。

多年来，材料科学家一直在努力研发可弯曲、可卷起的元件。在发表于2014年9月《应用物理通讯·材料》上的一篇论文中，韩国首尔大学的研究人员描述了显示屏的最新研究进展——一种可以替代易碎屏幕的柔性LED（发光二极管）。科学家首先在超薄石墨烯衬底上培养了一层氮化镓缓冲层，随后再在缓冲层上培养出垂直排列的氮化镓微米棒。氮化镓是一种发光晶体材料，而石墨烯则由一层碳原子构成，具有很好的柔韧性、导电性和机械强度。接下来，他们把这些石墨烯-LED层从原来的铜基底上剥离下来，转移到柔韧的聚合物上，这就得到了可弯曲显示屏的雏形。



由于氮化镓在能效和亮度上表现出色，目前大多数液晶显示器中的蓝色LED，使用的发光材料都是氮化镓，并且蓝色LED的发明者也荣获了2014年的诺贝尔物理学奖。不过，想让氮化镓生长在柔软的聚合物上并非易事。

这个由韩国科研团队发明的新型LED，可以反复弯曲1000多次而不影响自身发光性能。这项发明看起来已经在材料的质量和柔韧性的平衡上取得了突破。如果研究人员能把这些单独的、生长有LED的石墨烯层整合起来，做成一个完整的显示屏，那么将来我们就有希望用上可弯曲的手机，这次可是“精心”设计的哦。

蓝色LED

蓝色LED是能发出蓝光的LED，它的发明被誉为“爱迪生之后的第二次照明革命”。2014年，天野浩、赤崎勇和中村修二因“发明高亮度蓝色LED，带来了节能明亮的白色光源”共同获得诺贝尔物理学奖。蓝色LED的发明，使得人类凑齐了能发出三原色光的LED。人们可以用LED凑出足够亮的白光。

像橡胶一样柔韧的玻璃

撰文|凯瑟琳·布尔扎克（Katherine Bourzac）
翻译|李玲玲

科学家发明了一种同时具有硬度和弹性的新型玻璃材料。也许在不久的将来，我们失手掉落一只玻璃杯时，就不会再有碎片迸溅的场面了。

如果玻璃能像橡皮筋一样伸展，它就可以用作防震窗和柔性电子显示屏，或者被做成航空领域里耐高温的力敏元件。由材料科学家稻叶诚二领导的东京工业大学研究团队，已经首次创造出了这种弹性玻璃。

玻璃通常由磷基或硅基分子构成，这些分子以有序但非晶的三维构造结合在一起。通过实验，稻叶诚二和同事将玻璃的微观结构改变成了类似橡胶分子的链式结构，相当长的氧化磷链以较弱的力彼此连在一起。科学家在高温下拉伸这种玻璃后，它可以回缩大约35%，展现出了正常玻璃从未有过的弹性。这种弹性玻璃的研究论文，于2014年12月发表在了《自然·材料》上。



稻叶诚二现供职于日本旭硝子公司（一家玻璃制品公司），他说自己还需要继续努力。目前这种玻璃在220～250℃下的回缩表现不错，但设计师希望玻璃在室温条件下最终也能具有这样的表现。美国麻省理工学院的材料科学家迈克尔·德姆科维茨（Michael Demkowicz）指出，工程师可以用稻叶诚二的方法，再赋予已经可以成为优良导体的玻璃以弹性。也许在不久的将来，我们失手掉落一只玻璃杯时，就不会再有碎片迸溅的场面了。



“打印”电池的新工艺

撰文|凯瑟琳·布尔扎克（Katherine Bourzac）
翻译|张哲

新的电池制造工艺将有望像挤牙膏一样，把制造电池所需的部件一次性地“挤”出来。

“打印电池是可持续能源的未来。”施乐公司下属的著名研发企业帕洛阿尔托研究中心（位于美国加利福尼亚州）的工程师如是说。他们最近公布了一种节省成本的电池制作工艺，这种工艺将有望像挤牙膏一样，把制造电池所需的部件一次性“挤”出来。

目前，制作电池需要很多步骤。首先，制作电极，需要两个机器像摊馅饼一样把储能物质铺在金属层上。然后，将其干燥压实，根据尺寸进行裁剪，再向正负极之间插入塑料隔层以防止短路。最后，电池被封装在绝缘材料中，并被充满电解液，电解液可在正负电极间运输电荷。



而新的电池打印工艺简化了上述步骤。2015年4月，美国材料研究学会在旧金山举行了一次会议，帕洛阿尔托研究中心的科里·科布（Corie Cobb）在会上展示了打印用的喷嘴和材料，利用这些材料可以一次制作出电池三个组分中的两个。这个具有两头的打印喷嘴可以同时

挤出含锂离子的正极和聚合物隔层。不过，目前三个组分还不能一起打印，因为在打印过程中材料会混。在科布找到解决方案之前，研究人员还需要手动添加石墨负极。科布和同事预测，一旦正极、负极和隔层三者可以同时打印，这种三合一的工艺就可以将锂电池的制作成本削减15%。目前，电池制造商已经对这种二合一的制作方法显示出了兴趣。因为，采用新工艺制作的原型电池在性能上与采用传统工艺、相同材料制作的电池一样好。

采用新工艺制作电池无论对降低电动车成本，还是对电力公司购买并存储不稳定的风能和太阳能作为稳定电网的额外能量，以及降低电池价格都至关重要。长期来看，设计师还可以根据新型应用设备的要求来定制电池形状，电池将不再只是方形或圆柱形。



石墨烯的头号竞争者——磷烯

撰文|亚历山德拉·奥索拉（Alexandra Ossola）
翻译|张哲

磷烯或许能成为比石墨烯更好的半导体材料。

在工程师的神奇材料榜单上，石墨烯目前高居榜首。这种材料由单层碳原子构成，不仅强度大，延展性好，还有独特的电性质。正因为有这些性质，研究人员把石墨烯用在了从手机充电器到水过滤器的多个设备上。但石墨烯有一个方面却让人失望：它并不是一个天然的半导体。尽管工程师在改造石墨烯成为晶体管（晶体管是在各种电子设备中负责调整电流的元件）方面取得了很大的进展，但是他们目前已经转向了另一个与石墨烯结构类似、有潜力的替代品——磷烯，即单原子层的黑磷。

在高压条件下，磷会转变成黑磷。大约一个世纪前，人们就发现黑磷具备超导特性。2014年，美国普渡大学的一个科研团队分离出了单原子层的黑磷。此后，这个领域的其他研究人员就开始了磷烯的研究。仅一年，有关这种二维材料的论文就发表了400余篇。

加拿大麦吉尔大学二维材料领域专家托马斯·什科佩克（Thomas Szkopek）说："磷烯有潜力取代目前电子元件中使用的低效材料，因此人们对其兴趣不断增加。"

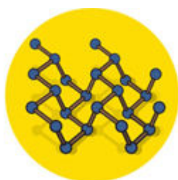
什科佩克说："磷烯是一种'真正的半导体'。"他的意思就是磷烯的导电性是可以开启和关闭的。正因如此，工程师可以调整穿过磷烯的能量大小，调整幅度可达好几个数量级。如此一来，工程师就能尽可能减少电流泄漏，从而使晶体管朝着更高的效率迈进。传统的晶体管主要由硅元素组成，其效率远未达到热力学极限。

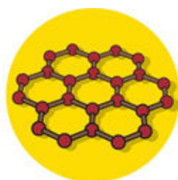
尽管材料科学家对磷烯抱有很高期望，但是磷烯也有一些特点使它并不利于未来应用于半导体（见下表）。不过即便研究人员无法解决这些问题，磷烯也可能还有其他用途。

磷烯不像硅那么脆，因此它可能用在柔性电子元件中。而且磷烯可以发光，也有望用在激光器或者LED中。磷烯也有可能最适合用在一种

目前还没发明出来的元件中。

什科佩克说："在全球范围掀起了一股追逐像磷烯这样的二维材料的热潮，这将使我们可能得到混合有各种性质的独特产品。"其他有待研究的类似材料还有：锗烯、硅烯和锡烯。这些材料也已经准备好登场了。





性质	磷烯	石墨烯
结构	褶皱六边形	平面六边形
导电性	开启、关闭电流很容易	切换时会出现泄漏
柔性	柔性高，由于褶皱结构具有可压缩性	沿着x－y轴柔性高
纯度	很难分离出单层结构，但是降低对品质的要求可能会让分离工作容易一些	很容易分离出不存在杂质、导电性良好的单原子层结构
灵敏度	可与光、水和空气反应，用于日用电子元件时，可能会需要保护涂层	在正常情况下稳定，不需要额外的涂层
其他应用	激光器、pH传感器、柔性电子元件	电池、屏幕、太阳能板、仿生植入物

毛皮潜水衣

撰文|辛西娅·格雷伯（Cynthia Graber）
翻译|廖红艳

研究人员从水獭身上得到灵感，希望设计出暖和的毛皮潜水衣。

鲸、海豹、海象都能在冰冷的海水中悠然游动，因为它们的身体被一层厚厚的脂肪包裹着。像海洋生物的脂肪层一样，人类的潜水衣由氯丁橡胶制成，也能起到保暖作用。不过，在冰冷的海水中，潜水员穿着加厚版的潜水衣，行动起来会非常不方便。除了大型海洋生物，我们能否从更小的一些动物（比如河狸和水獭）身上得到灵感呢？

“河狸和水獭身材比较小，不可能长一身厚厚的膘，所以演化出致密的毛发。在水中时，毛发里藏着的空气能起到保暖作用。”艾丽斯·纳斯托（Alice Nasto）说，她是麻省理工学院机械工程专业的一位研究生。科学家早就知道毛皮能捕获空气，形成隔热层，但一直不清楚其工作原理。所以，纳斯托和同事开展了这项新研究。

研究人员首先制作毛皮潜水衣模型。他们用激光切割弹性材料，模仿毛发表面。通过这种方法，研究人员可以精确地控制毛发之间的距离及毛发长度。然后，他们把制好的毛皮放入液体中（为了看清气泡，研究人员用的是硅油）。试验的关键是，毛皮在水中时，空气层要一直处于完整无损的状态。毛皮刚刚穿过空气和水之间的界面时，毛皮中充满了空气。毛皮完全浸入水中时，里面还留有多少空气呢？结果表明，毛发越浓密，在水中捕获空气的能力也就越强。相关研究已发表在《物理评论·流体》杂志上。



研究人员接下来想搞清楚的是，潜入水下后，如何保持空气不从毛皮中漏走。纳斯托说：“毛皮有许多有趣的特性，目前的试验还没有深入涉及。要弄明白河狸和水獭在水下活动时如何保持体温，我们还有很多工作要做。”

看起来，潜水员和冲浪运动员暂时还得穿得像海豹一样，但也许有一天，他们会穿得像水獭一样。

新型避火罩救助消防员

撰文|马克·考夫曼（Mark Kaufman）
翻译|张哲

用航天材料制成的新型避火罩，可以帮助消防员从火海中逃生。

尽管消防员提前做好了缜密的计划，但在野外灭火时仍可能突然被近1500°F（约816℃）的火焰包围。如果无法逃脱，他们就只能暂时躲在避火罩（一种能够反射热辐射的箔膜小帐篷）里，期待火焰迅速消退。

2013年夏天，在美国亚利桑那州亚内尔山执行任务的19位消防员使用了标准型避火罩。但由于火势太大，他们无一生还。这场悲剧过后，美国国家航空航天局兰利研究中心的科学家吸取了教训，开始研发更好的避火设备。他们使用了可膨胀隔热技术，这项技术最初用在航天器上，航天器穿过地球大气层时需要抵御2000～5000°F（约1093～2760℃）的高温。2017年4月中旬，美国林业局在艾伯塔大学的一个研究设备上测试了该避火罩抵御高温的能力。尽管实验结果尚未公布，但之前的测试结果表明这种避火罩很有潜力。如果这项技术最终被证实效果显著，那么消防员就可以用到新型避火罩。

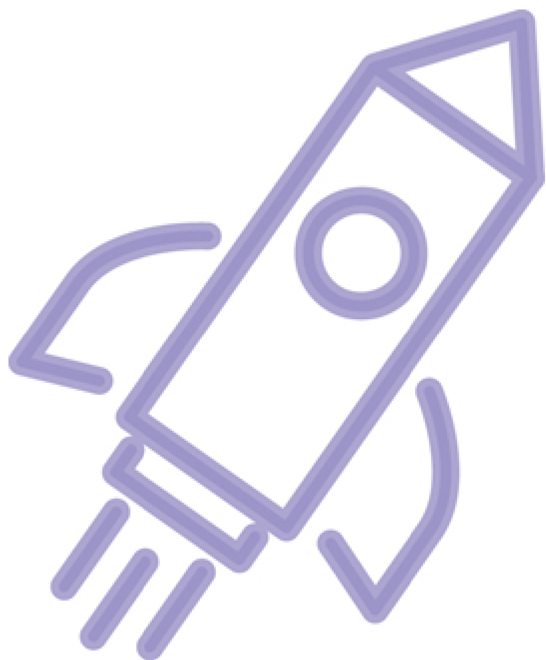


过去50年间，传统的避火罩帮助数百位消防员从火海中逃生。但是

参与开发新型避火罩原型产品的美国国家航空航天局热力学家乔希·福迪（Josh Fody）解释称，亚内尔山的悲剧说明“传统设备无法抵御高温，无法耐受火焰直接加热”。不过，新的避火材料能做到这一点。新型避火罩很薄，内部填充石墨烯薄片。福迪说，接触火焰后，石墨烯会使玻璃纤维隔热材料层膨胀，把避火罩变成“一个蓬松的大毯子”。他说这个材料“挺聪明”，因为它只有在高温下才会膨胀。这种避火罩很轻，这至关重要，因为消防员常常要在野外环境中长途跋涉，无法携带笨重的设备。

如果效果得到证实，这项技术算得上是及时雨。美国林业局生态学家马特·乔利（W. Matt Jolly）称，由于气候变得更炎热干燥，美国每年野外火灾的过火面积（燃烧过后形成的过火区域的面积大小）比20年前增加了一倍，“也就是说，消防员要面对更多的火灾”。

话题三　航空航天科技承载飞翔梦想



人类在漫长的社会进步中不断扩展自身的生存空间，从陆地到海洋，从海洋到天空，再从天空到太空，人类活动范围的每一次扩展，都是一次伟大的飞跃。航空航天技术的发展，为人类的飞翔梦想插上了翅膀。

便携式飞机

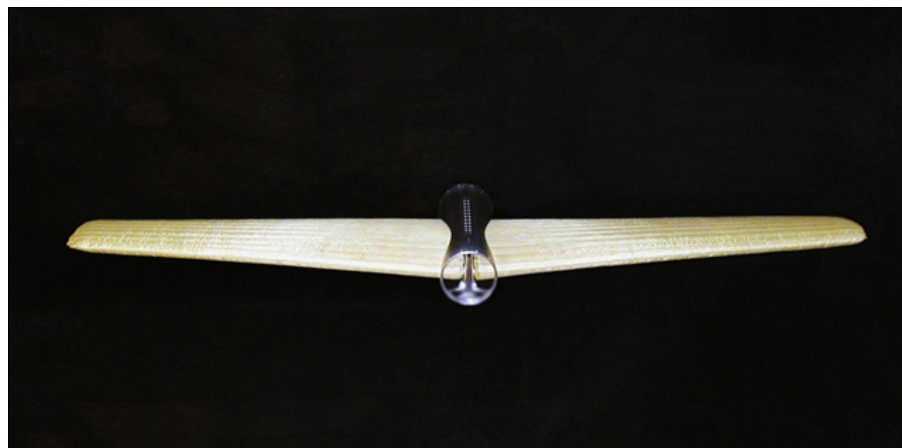
撰文|萨拉·托德·戴维森（Sarah Todd Davidson）
翻译|周俊

充气式飞机的研发让普通飞机不可能完成的任务成为了可能，对此我们还有大量的课题需要研究。从长远来看，对充气式飞机而言，天空和跑道不再是唯一的疆域。

一声闷响，炮弹从155毫米榴弹炮中迸射而出。不到1秒钟，弹壳便膨胀成一架翼展为183厘米的飞机，准备就绪，等待起飞。随后，飞机冲过浓烟弥漫的天空，飞向失火的森林。这是一般飞机都无法做到的。普通飞机飞行高度比较低，且必须根据航道飞行，遇到这种熊熊大火时，就只能“束手无策”了。

美国特拉华州ILC Dover公司的工程师称，这不过是在充气式飞机能够担当起这项任务前，进行一些微调试验而已。他们的目标是制造能够压缩和折叠、节省空间、便于运输和储藏的无人驾驶飞机。这种飞机除了可以用榴弹炮发射以外，还可以放进背包里，或进行空投。普通飞机安装了充气式机翼，翼展可以增长一倍。这样，飞机在飞行途中可以使用短机翼，在盘旋或减速降落时则张开充气机翼，以节约燃料。





充气膨胀的情景：**183**厘米的机翼在充满气体后便呈现出来，在放掉气体后可以方便运输和储藏。

2001年是充气式机翼发展史上值得纪念的一年。充气式飞机的发明者——美国国家航空航天局德赖登飞行研究中心（位于美国加利福尼亚

州爱德华兹）从近305米的高空投下飞机，两个充气机翼都成功地展开了。但那些机翼上没有安装飞行控制系统。于是，ILC Dover公司开始在机翼里设计体积小巧、结构灵活、操作方便的制动器。工程师还设计了光电电池，机翼折叠时，电池收缩；机翼展开时，电池为机械设备提供能源。

ILC Dover公司的研发经理戴维·卡多根（David Cadogan）说："对充气式飞机，我们还有大量的课题需要研究。"这种飞机能否执行多种任务，在某种程度上，取决于它的质量大小。这些飞机的质量有大有小，从4540～45,400克不等。45,400克级别的飞机，能够运载各种侦察设备，如光学和红外线照相机，并由一名飞行员驾驶。

就职于ILC Dover公司、负责宇航服研制的博比·琼斯（Bobby Jones）在美国肯塔基大学读书时，就已经开始研发机翼。对他来说，充气式飞机起飞是这项飞机工程的一件里程碑事件。他说："当我跟人们谈论充气式机翼时，它也许就在我们的头顶上方。"

从长远来看，ILC Dover公司的工程师及肯塔基大学的合作者，都希望他们的飞机有一天能穿越火星的大气层。工程师称，实现这一目标的技术已经成熟了。

ILC Dover公司还为火星探测车设计了有助于安全着陆的气囊，但它并非唯一一家研发该技术的公司。美国加利福尼亚州埃尔西诺湖的Vertigo公司，为美国国家航空航天局设计出了2001年的机翼，并且还在继续这项研究。同时，该公司也在进行一系列研究，以制造能用榴弹炮发射的充气式军需品。此外，还有多个团体也对该技术表现出了兴趣，比如美国国家航空航天局、美国国防部高级研究计划局，以及生产无人驾驶飞机的几家公司。由此可见，当卡多根说天空就是这些机翼的界限时，或许他把目标定得太低了。



充气式飞机

充气式飞机不仅节约空间，而且非常强韧，不需跑道。远程遥控式飞机的时代结束后，飞行员仅仅通过直接着陆的方式就能把飞机带回家。这种着陆的冲击力很小，不会损伤坚韧的机翼。典型的机翼是由维克特拉纤维制成的，那是一种人造纤维，比凯芙拉纤维更强韧、更灵活。着陆后，飞行员只需把气体排放掉，然后就可以把飞机卷起来存放了。

天然气火箭

撰文|史蒂文·阿什利（Steven Ashley）
翻译|王栋

以甲烷为燃料的新型火箭发动机有很多优势，应用前景诱人。未来的火箭将使用甲烷作为动力来源，把人类送入太空，甚至送上火星。

很多人都知道天然气（甲烷）是日常生活中用于加热和取暖的一种燃料，然而在不远的将来，它也许还能推动宇宙飞船进入绕地球轨道，甚至到达更远的地方。世界各地的很多火箭工程师都在研究一种新型火箭发动机，它将用甲烷替代传统的液体燃料，为火箭提供动力。

过去半个世纪以来，工程师一般会选用碳氢化合物（比如煤油或氢）和低温下液化的氧作为火箭的化学推进燃料。但韩国C&Space公司（一家航天技术公司，位于韩国城南市）的戴维·赖斯伯勒（David Riseborough）指出，煤油和氢都有缺点。他说："燃油燃烧产生的煤烟会在发动机表面沉积焦炭，造成堵塞，不利于火箭的重复使用。"氢燃料则需要昂贵的低温储存技术，操作起来十分危险；巨大的隔热储罐还要占用空间，增加火箭的负荷。

火箭燃料

运载火箭是用煤油、酒精、偏二甲肼、液态氢等作为燃烧剂，用硝酸、液态氮等提供的氧化剂帮助燃烧的。目前研制的火箭发动机多是固液火箭发动机，即在两种燃料中，一种为固体，另一种为液体。两种燃料相遇燃烧，形成高温高压气体，气体从喷口喷出，产生巨大推力，从而把运载火箭送上太空。



火箭上的任何纰漏都将带来灾难，因此火箭设计人员往往非常谨慎，坚持使用技术成熟、经过多次测试的装置和推进燃料。然而近年来，科学家也开始研究其他的替代燃料，甲烷就是其中之一。甲烷的性质相对温和，可以让航天员在太空或其他行星表面更安全、更有效地工作。

与煤油相比，甲烷燃烧释放的煤烟更少，产生的推力却更大。更重要的是，甲烷可以产生更高的比冲。（比冲是衡量燃料燃烧效率的物理量，表示一定质量的推进燃料能够产生多少动力。）

与氢相比，尽管甲烷的比冲略低一些，但它仍有许多优势。液态甲烷更稳定，挥发也更慢。而且，甲烷的储存对隔热措施的要求更低，可以显著减少系统重量。此外，与液态氢的液化温度（–253℃）相比，液态甲烷的液化温度（–162℃）与液态氧的（–183℃）更为接近，这使航天器的设计和操作都更加容易。甲烷燃料的另一个优势是：在未来的载人火星计划中，航天员可以就地取材，利用火星大气的主要成分——二氧化碳——合成甲烷，这有助于减少飞船的尺寸和重量。

在美国国家航空航天局的资助下，几家公司正在积累甲烷发动机的研究和制造经验。美国XCOR航天技术公司（一家火箭制造商，位于加利福尼亚州莫哈韦沙漠）的理查德·普尔内勒（Richard Pournelle）报告说，他们公司在2006年12月对一台推力为33,340牛的液态甲烷 - 液氧火箭发动机进行了地面试验。他们的竞争对手——美国KT工程公司（位

于亚拉巴马州亨茨维尔市）——也在积极研制甲烷火箭发动机。



2006年**12**月，**XCOR**航天技术公司的甲烷火箭发动机在地面试验时，喷出了锥状的火箭尾焰。这种发动机也许会用于未来的宇宙飞行。

2006年3月，C&Space公司的工程师测试了一种甲烷－氢发动机，它可以产生88,906～133,358牛的推力。这种发动机是在俄罗斯专家的协助下设计完成的，可以将500千克重的卫星送入地球低轨道，发射费用约为每千克4409美元（仅为目前正常发射费用的20%左右）。这种装置还可以推动未来的亚轨道观光飞行器（一种在大气层外执行抛物线飞行，并不环绕地球运行的载人航天器，主要用于太空观光旅游），或者用作第二级火箭的推进器。赖斯伯勒说："我们相信，甲烷可以大大缩短宇宙飞船的发射周期。"

虽然甲烷燃料的应用前景诱人，但发展道路绝不会一帆风顺。以日本宇宙航空研究开发机构联合几家风险投资公司合作研发的"银河快车"火箭为例，其二级火箭发动机设计用甲烷作为燃料，整个计划已经因为研发费用超过预算数亿美元而被推迟。

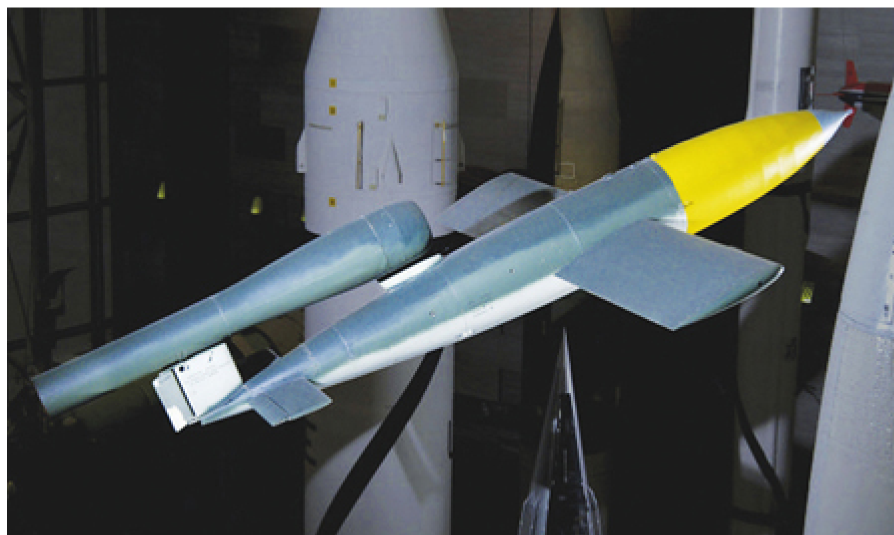


超声速脉冲爆震发动机

撰文|史蒂文·阿什利（Steven Ashley）
翻译|王栋

科学家正在对脉冲爆震发动机进行研发，争取在未来一二十年内，将它应用在多种类型的航空器上。

1944年6月，德国首次成功试射V－1导弹。大约一年后，这种简陋而原始的巡航导弹就频频侵扰英国和比利时的城市与乡村。它带着令人恐惧的“嗡嗡”声，毫无目标地狂轰滥炸，没有人知道死亡和毁灭会在何时何地到来。推动这种“嗡嗡作响的炸弹”的脉冲喷气动力装置结构简单，但噪声巨大、耗油量惊人。如今，工程师正在对它进行细致的分析和改进，试图利用同样的技术原理，研制出较轻的、功能更加强大的发动机。这种发动机由反复的冲击波驱动燃烧循环来提供动力，效率更高。在未来一二十年内，这种脉冲爆震发动机也许就能被应用在多种类型的航空器上。



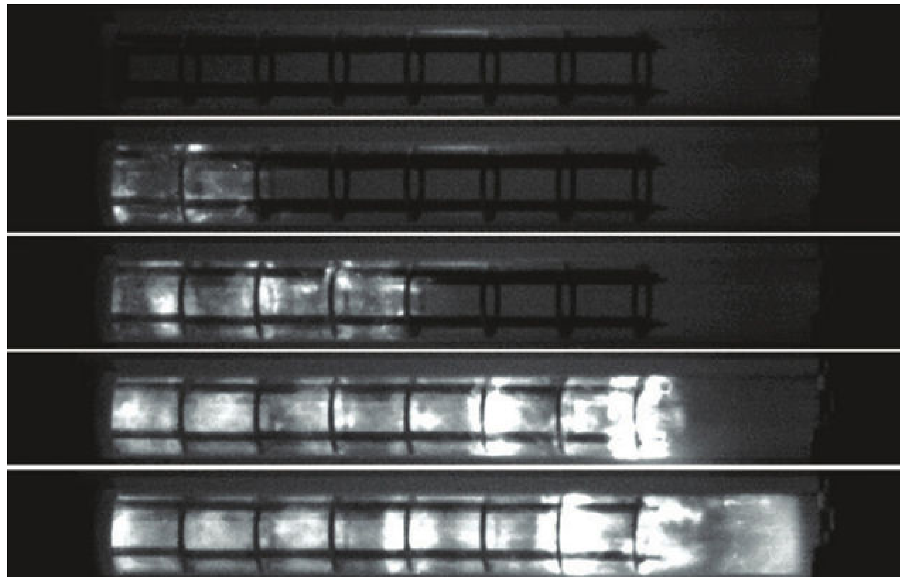
德国的V－1导弹依赖于脉冲喷气发动机。能让燃料更加快速燃烧的类似发动机，可以提供更好的性能和燃料效率。

在美国纽约州的尼斯卡于纳，纳伦德拉·乔希（Narendra Joshi）领

导着通用电气公司的一个研究小组。他介绍说，脉冲喷气发动机是结构最简单的航空发动机。除了没有活塞外，这种发动机在很多方面都类似于普通汽车发动机中的燃烧室。它的基本运作原理是：一段短金属管的一端安装有一个注入阀，在注入阀的控制下，一定量的加压燃油和空气能以很高的频率被反复注入金属管，混合成为可燃气体，并用火花塞点燃。普通燃油燃烧后产生的膨胀燃烧气体，飞快地从金属管的另一端冲出，从而产生推力。接着，这一过程立刻被重复，1秒钟要进行50次循环——这个频率正是V - 1导弹臭名昭著的“嗡嗡”声的来源。虽然脉冲喷气发动机是一种简单高效的推进装置，但是它对燃油的燃烧相当缓慢且不充分，燃烧效率低下。

不过，如果注入的燃油和空气被火花塞点燃后，产生的火焰前锋能够在混合气体中加速，在经过一段较长的金属管后，燃烧推进速度就可以达到大约5倍声速。这种高效率的超声速反应过程能使燃烧迅速且充分，可以说混合气体实际上是发生了爆炸。这样，同样数量的燃料就可以产生更大的推力。在这种脉冲爆震发动机中，爆炸的时间间隔为几十毫秒，比脉冲喷气发动机的工作频率高1倍以上。

过去十多年来，研究人员通过计算机模拟这一复杂的燃烧过程，并将得到的结果与实验室测试进行比较，已经对脉冲爆震的基本物理过程有了更多的了解。与此同时，工程师扩展了此类研究，开发了一种脉冲爆震原型发动机，它可以驱动超声速吸气式导弹，推动运载火箭，或者增强战斗机上的加力燃烧室。但是，美国西雅图普惠发动机公司的工程经理加里·利德斯通（Gary Lidstone）认为，复合式涡轮脉冲爆震发动机才是真正令人激动的目标。在这种发动机中，脉冲爆震管取代了中心压缩机和燃气涡轮燃烧室。这样的设计可以使高涵道比涡轮风扇发动机的燃油效率明显提高，同时还能降低燃烧室产生的钻机一般的噪声。



燃料在金属管中燃烧加速达到超声速，就能从同等数量的燃料中获得更多的能量。

涵道比

涡轮风扇发动机的涵道比（也称旁通比）是不经过燃烧室的空气质量与经过燃烧室的空气质量的比例。早期的涡轮风扇发动机和现代战斗机使用的涡轮风扇发动机涵道比都较低，现代民航机的发动机的涵道比通常都在5以上。涵道比高的涡轮风扇发动机耗油较少，推力却与涡轮喷射发动机相当，运转时也要安静得多。

普惠发动机公司的工程师已完成了对脉冲爆震燃烧室的测试，在一段直径为5厘米的管腔内成功进行了喷气燃料的燃烧，甚至在受到模拟的、下游涡轮产生的背压的影响下，测试也取得了成功。在美国国家航空航天局和美国空军的支持下，普惠发动机公司正加紧评估该技术在一种复合式发动机中的应用。与此同时，通用电气公司的乔希研究小组正在制作一个脉冲爆震燃烧室，它由三个直径为5厘米的空管组成。研究小组为它配备了一台直径为15厘米的100马力涡轮机，这其实是一架A－10“疣猪”攻击机的燃油机启动器。

乔希提醒说，仍然有许多难关有待攻克，比如研发一种超高强度的快速作用阀及相应的控制系统，研制一些能承受脉冲燃烧带来的高度机械疲劳的部件，制造能被安装在标准尺寸涡轮里的燃烧管等。但如果工

程师能够克服这些困难和障碍，复合式发动机也许就能把燃油消耗量减少5%以上，每年为航空公司节省数百万美元的燃油费，还能减少二氧化碳的排放。这些优点一定会让所有的航空业内人士心动不已。

可观的附加效益

除了用来驱动航空器外，工程师们还把脉冲爆震发动机的基本原理应用到了衍生产品的制造上。他们设计出一种设备，用来清除阻塞在工业锅炉导热管内很难去除的水垢。普惠发动机公司的Shocksystem和通用电气公司的Powerwave＋，都用脉冲爆震产生的冲击波来清除顽固污渍。

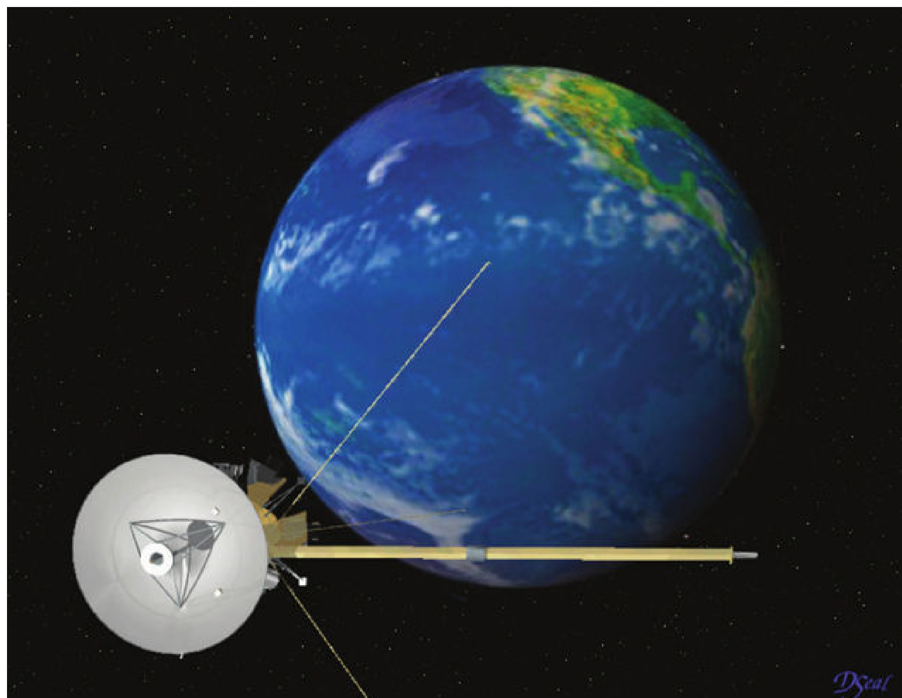
太空中的斯特林发电机

撰文｜马克·沃尔弗顿（Mark Wolverton）
翻译｜王栋

美国国家航空航天局打算利用**200**年前的一项技术，开辟太阳系探索的新时代。太空中的斯特林发电机具有高效和便宜的重要优势，有望成为驱动下一个太阳系探索时代的主要动力。

30多年来，美国国家航空航天局的深空探测器，使用的都是放射性同位素温差发电机，这是一种利用钚238衰变产生温差进而发电的装置。现在，美国国家航空航天局正在考虑放弃这种笨重、昂贵且效率不高的发电机，用一套新的发电系统取而代之。这套新设备使用更少的放射性燃料就能产生更多的能量，它所采用的技术实际上源于19世纪的一项发明。





目前的深空探测器，比如这幅画中正在飞越地球的“卡西尼号”土星探测器，使用的动力系统都是放射性同位素温差发电机。美国国家航空航天局计划用斯特林发电机替代放射性同位素温差发电机，前者所需的放射性燃料仅为后者的**1/4**。

1816年，一位满脑子天才想法的苏格兰牧师罗伯特·斯特林（Robert Stirling）发明了斯特林发动机，并取得了专利。这种发动机的结构很简单：将一冷一热两个气缸中充满“工作流质”（通常是空气、氦气或氢气），再用一个热交换器连接起来，便大功告成了。两个气缸间温度和压强的差异，使工作流质膨胀或收缩，循环往复地穿过热交换器，推动活塞运动。因此，这个过程可以将热能转化为机械能。在美国国家航空航天局的新装置中，热源由放射性衰变提供。

美国华盛顿特区美国国家航空航天局总部太阳系探索项目负责人之一戴夫·莱弗里（Dave Lavery）介绍说：“实际上，在过去的近30年里，我们一直在研究斯特林发动机，现在我们已经准备就绪，可以向前迈出下一步了。”

洛克希德·马丁公司对一台工程测试样机进行了组装，这种装置被称为“先进的斯特林放射性同位素发电机”。发电机内部的两个斯特林转换器，驱动一台直线交流发电机中的活塞，每秒能够产生大约100焦耳的

电能。这个装置长不到0.9米，宽约0.3米，小得可以放进超微型轿车的后座。它的重量也刚刚超过18千克，比普通的放射性同位素温差发电机轻了一半以上。斯特林发电机的能量转换效率高达20%～30%，与放射性同位素温差发电机只有6%～7%的效率相比，同样值得夸耀。斯特林发电机所需的同位素燃料也只有放射性同位素温差发电机的1/4。

对太空飞行来说，这些特性可以直接转化为重要的优势。由于斯特林装置重量更轻，因此发射费用更低，也让太空飞船能够携带更多的有效负载。同样，对放射性燃料需求量的减少（从放射性同位素温差发电机的9千克减少到斯特林装置的2.3千克），在节约花费的同时，还显著降低了安全风险，特别是减少了运载火箭升空时发生爆炸这种最坏情况所造成的污染风险。美国国家航空航天局十分重视公众对放射性安全的担忧，正如莱弗里所说："对于任何涉及核能的设备，我们都会严格执行《美国国家环境政策法》的相关规定。"这项法案要求，美国国家航空航天局在最终决定执行任何一次发射任务之前，都必须搜集并认真研究公众意见。

美国国家航空航天局格伦研究中心热能交换分部主管理查德·沙尔滕斯（Richard Shaltens）解释说，一旦洛克希德·马丁公司完成了初步测试，格伦研究中心就将对斯特林装置进行更广泛的评估测试，使它尽快适应太空飞行的要求。他还指出，在累计超过10万小时的各类环境模拟实验测试中，斯特林发电机"表现出来的性能符合预期，其使用寿命也可能（比放射性同位素温差发电机）更长"。

美国国家航空航天局对斯特林放射性同位素发电机很有信心，他们甚至邀请空间科学界为斯特林发电机量身定制概念型行星探测任务。莱弗里表示，这种发电机的候选任务包括飞向外行星、载人登月或登陆火星等。莱弗里说："斯特林发电机的整体设计是为了同时适应各类环境，包括深空行星际环境和行星表面大气或真空环境等。"

最终，斯特林发电机也许会彻底淘汰放射性同位素温差发电机。莱弗里预计，斯特林发电机"将开创一个（放射性同位素动力系统）新家族，比我们现有的动力方案高效得多，也便宜得多"。即便是聪明绝伦的斯特林本人，恐怕也压根想不到，自己的一项巧妙发明会成为驱动下一个太阳系探索伟大时代的主要动力。



突破无线电黑障

撰文|马克·沃尔弗顿（Mark Wolverton）
翻译|庞玮

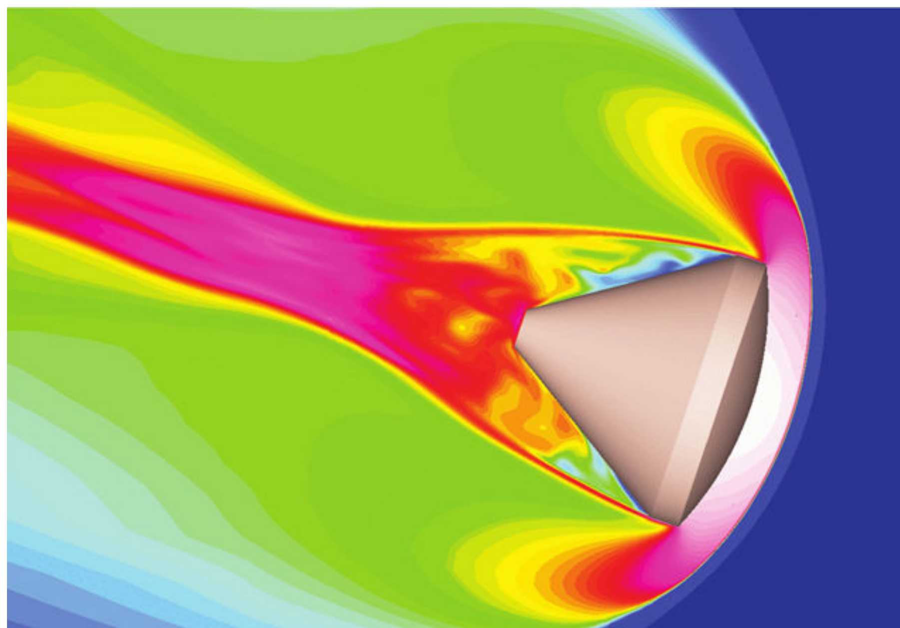
航天器重返大气层时的通信黑障问题受到了美国空军的关注，如何让再入大气层的航天器和**10**马赫飞行器不再受无线电黑障的困扰成为了最终要攻克的问题。

航天器重返大气层时会发生令人担忧的通信黑障，给早期太空探索平添了一丝紧张，其中最令人揪心的，或许是伤痕累累的“阿波罗13号”返回途中的那一段无线电静默。即便到了今天，美国空军研制的新型飞行器和武器系统仍然会受到黑障的困扰，他们希望能够找到刺穿黑障的方法。

高速飞行的物体会加热前方的空气，将它们电离成等离子体，而无线电无法穿透等离子体，于是就会发生黑障。与飞机速度达到1马赫（航空航天领域常用的速度量度单位，是指物体速度与所处环境中声速的比值）突破声障时产生激波类似，再次进入大气层的航天器和超高声速飞行器在速度达到10马赫时，也会形成等离子体激发区。航天器能避免黑障的影响，那是因为它底部宽大的外形能在身后的等离子体流中形成空洞，通信和遥测信号从空洞中传出，再通过全球卫星网络传回地面。但是，小型飞行器会被等离子体包裹得滴水不漏，因而无法避免黑障。

黑障

航天器的返回舱在以超高速进入大气层时会产生激波，使返回舱表面与周围气体分子呈黏滞状态，温度不易散发，形成一个温度高达几千摄氏度的高温区。高温区内的气体和返回舱表面材料的分子被分解和电离，形成一个等离子体。它类似一个套鞘包裹着返回舱。等离子体能吸收和反射电波，会使返回舱与外界的无线电通信衰减，甚至中断。这种现象被称为黑障。



滚烫的归途：计算机模拟显示了一个空间返回舱在重新进入大气层时产生的热流。

这个问题引起了美国空军的关注，因为他们计划开发的飞行系统中可能包括高超声速的导弹、侦察飞行器，甚至还有时速可达10马赫的载人飞行器。美国爱德华飞行测试中心的研究员查尔斯·琼斯（Charles H. Jones）解释说：“（在测试和评估领域）我们的标准做法是，飞行器在天上飞，人员在地面上遥控，遥测数据从飞行器传回地面，让人能够监测飞行器。”黑障会切断测试飞行器与地面的联系，不仅如此，某些时候测试飞行器偏离测试计划时，黑障还会阻碍地面向飞行器发送自毁信号。

另一个关注重点来自卫星导航信号。美国马里兰大学航天工程师、美国空军前任首席科学家马克·刘易斯（Mark Lewis）指出：“军队现在对全球定位系统（GPS）越来越依赖了。”美国空军科研部资助的2006年波士顿会议专门研讨了黑障问题，在会议的最终报告中，刘易斯写下了他所认同的观点：“接收GPS信号是最关键的能力，为此我们必须找到解决办法……GPS也是最难解决的问题，因为信号本身就很微弱。”



琼斯有关黑障问题的呼吁，过去一直处于无人理睬的状态。他指出，“10马赫的设计（当时）并不常见”，所以“对很多人来说，这不是一个亟待解决的问题”。但随着更高速飞行器设计的出现，被他称为“等离子超声速”的10马赫大关开始被人触及，黑障现象也引起了越来越多的关注。

在2006年波士顿会议上冒出的点子并不少，包括：调整飞行器设计参数，最大程度地减小产生的等离子体“外罩”；在飞行器前端加装一根“空气针”，刺穿到等离子体外；寻找不受等离子体影响的频率段；用超大功率的信号收发器强行突破等离子体层；把一种能够结合电子的物质（很有可能是水）喷洒到等离子体中，干扰等离子体的形成。还有一些更加奇怪的想法，需要利用高功率激光器，或者让飞行器抛出一系列微型中继设备，类似于用漂流瓶来传递信息。

尽管上述所有的解决方案在理论上都可以实现，但刘易斯指出：“现在的问题是，从工程技术角度来看，这些想法是否可行。”喷水的想法早在20世纪60年代就在美国的双子星载人航天计划中尝试过。但要达到实际效果，飞行器必须喷出大量的水，远远超过实际上可能携带的水量。



不过“喷水方案”的一个改进版本却显示出很强的竞争力。这个方案利用一种烧蚀材料制作飞行器表面的隔热层。高温下这种材料会部分汽化，产生能够结合电子的物质，进而“中和”等离子体。琼斯说：“从技术层面来看，这似乎是最简单的方案。”与此同时，刘易斯觉得自己应该彻底放开思路。他说：“我们还有很多种方案可以探索，我觉得现阶段应该把所有方案都考虑进来。”琼斯也指出，要想实现所有预期的应用，最后很可能要把多种技术结合在一起。

琼斯总结说，眼下大家达成的共识是，“我们没有足够的实验数据来对这些方案进行筛选”。研究一个在很多人看来还属于长远问题的课题，很难得到经费支持。尽管流体力学数值模拟和风洞实验能提供一些关键线索，但实际方案可能要求进行飞行测试，这就需要大把地花钱。

无论如何，工程技术人员最终都要克服高超声速下的黑障问题。琼斯说：“我可不想看到一架速度达到15马赫、说不定还全副武装的无人飞行器，不受地面控制地在天上乱飞。”想象一下，一架不受控制的飞行器以大约每小时16,000千米的速度在天上呼啸而过，你就明白琼斯可不是在开玩笑。

无人机来袭

撰文|约翰·维拉塞诺（John Villasenor）
翻译|王栋

无人机改变了战争模式，但也有落入非法分子手中的危险。即使我们采取一些方式努力防止无人机来袭，这种危险也依然存在。

无人机种类繁多：有些与商用飞机一样大、一样快，有些就像飘浮在空中的飞艇，不断扫描监视着下方区域；还有些就像轻快的小鸟和昆虫，悄无声息地掠过天空，神不知鬼不觉地拍照录像，然后携带着情报自动返回降落。

无人机已经改变了战争模式。它使用几乎无法被探测到的平台，可以获取数量空前的航空影像，甚至还能对目标实施打击，却不必将飞行员置于险地。但是，如果你认为无人机只会用于战争，则太过天真了。随着它们变得越来越小，越来越多，越来越便宜，无人机终将落入敌对国家，甚至非法分子手里。如果不这样想，就是无视军事科技历史。很多国家都在研发、部署和推销自己的无人机。预计在未来十多年里，全球用于无人机的军费开支将达到1000亿美元。



如果某个恐怖组织在美国本土使用无人机，那将极难被发现。无人机能够飞越障碍物，而不会被普通雷达系统探测到。由于无人机可以方便地被放在轿车后备箱内或背包里，实际上无人机能从各种场所被发射。

我们或许还须提防某些机构或公司，他们可能使用无人机来偷窥我们的生活。1986年，美国联邦最高法院裁定，允许执法机构使用无人机来侦查无法用其他途径发现的大麻种植园，因为这种侦查是在所谓的“公共通航空域”内进行的。这或许意味着，美国政府会乐于扩大无人机的使用范围，从而进行更广泛的监控。

而且，要想限制非法分子获取无人机也是非常困难的，因为小型无人机所使用的核心设备（例如超微型摄像机、视频处理芯片和高速无线通信系统）都能够以低廉的价格在消费类电子产品市场上买到。

但这并不意味着我们就束手无策了。我们可以在无人机上设置自毁程序和隐藏的追踪软件，一旦它们失踪，它们就会自毁或发送定位信息以协助搜寻。我们可以联合地方法规和国际防止武器扩散行动，就能够降低无人机落入非法分子手里的可能性。我们还可以为特定政府机构所

在的建筑或地区安装上某些设备，用于探测无人机，并能以电磁或其他方式击毁低空飞行的无人机。然而，即便采取了这些方式，我们将来也可能无法高枕无忧了，因为我们头顶的天空同样会有无人机来袭的危险。



新型灯具助宇航员入睡

撰文 | 凯蒂·沃思（Katie Worth）
翻译 | 高瑞雪

新型灯具可以解决太空里宇航员的睡眠问题，帮助宇航员更好地入睡。

换个灯泡需要多少美国国家航空航天局的工程师？

这个问题并不是句笑话，美国国家航空航天局投资了1140万美元，要更换国际空间站美国部分的老化日光灯。当换灯泡被纳入日程时，医生们意识到，解决宇航员失眠问题的机会也随之来了。

在地球上，睡眠不足导致迷迷糊糊只是件恼人的事，但在太空里却十分危险。美国国家航空航天局的卫生官员、空军军医史密斯·约翰斯顿（Smith Johnston）说："虽然日程安排允许宇航员拥有每天8.5小时的睡眠时间，但实际上他们平均只睡了6个小时。"身体浮动、噪声、变化不定的温度、空气流通不畅、头疼背痛以及每90分钟就有一次的黎明，诸多因素结合在一起扰乱了人体的昼夜节律。美国国家航空航天局希望，新型灯具的使用，至少能解决一部分问题。



褪黑素是一种重要的睡眠调节激素。睡眠科学家发现，当眼睛里的光感受器暴露在特定波长的蓝光中时，大脑就会抑制褪黑素的产生，我们会更加警觉。与此相反，红色光会使褪黑素增多。

波音公司的高级管理人员戴比·夏普（Debbie Sharp）介绍，他们公司开发了一种新型灯具，将100多个五颜六色的发光二极管灯泡包裹在一个透光罩里，使其看上去就像是发出一片白光。这种灯有三种模式，每种模式在色调上有着微妙的不同：白色光用于通常视物，偏蓝光提升警觉性，温暖的偏红光则引人发困。波音公司和其分包商在2015年交付了20盏这种新型灯。

这段时间，哈佛大学医学院和托马斯·杰斐逊大学等研究机构的科学家正在测试这种灯的效能。

这项技术也许有朝一日也会在地球上普及，用于照亮病房、核潜艇、工厂或教室。“虽然长期以来，全世界都习惯了使用日光灯，但我们不能因此就认为日光灯是最好的。”研究合作者、哈佛大学的伊丽莎白·克勒曼（Elizabeth Klerman）说。



新材料让火箭引擎更耐高温

撰文|普拉奇·帕特尔（Prachi Patel）
翻译|颜磊

科学家和工程师从尼龙搭扣中得到灵感，发明了新型纤维，它能够使火星探索飞船的引擎耐受更高温度。

火箭引擎内部温度非常高，这样的高温足以熔化钢铁。而未来的引擎需要达到更高的温度，因为更高温的引擎意味着更高效，能产生更强推力，运载更多货物。对火星探索飞船和更好的飞机来说，这些性能也至关重要。

为了让火箭引擎耐受更高的温度，工程师试图发明坚固且轻巧的碳化硅纤维复合材料，将比头发丝还细的碳化硅纤维嵌在陶瓷介质中。碳化硅能经受住2000℃的高温，这是新引擎的理想温度。目前的做法是，将碳化硅纤维编织物分层，在空隙中填充多孔的陶瓷。不过这种令人惊叹的复合材料在引擎的高压下会开裂，因为纤维之间会滑动，并把陶瓷挤出去。

美国赖斯大学和美国国家航空航天局格伦研究中心的科学家对此进行了改进。他们制造了“毛茸茸”的碳化硅纤维，其表面就像尼龙搭扣的微观版本。《应用材料与界面》报道了这种纤维，它们的绒毛互相缠结，将彼此牢牢锁住，如此一来纤维就很难滑动，不会将陶瓷材料挤出。

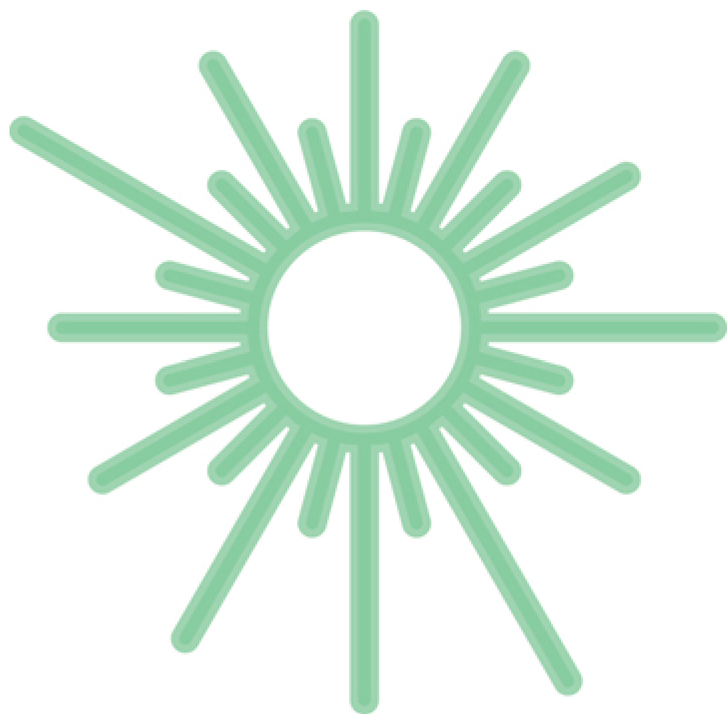
为了制造这种材料，研究人员首先在碳化硅表面培养出卷曲的碳纳米管，它们就像卷发一样。然后他们将这些纤维蘸上超细硅粉，并进行加热。这使碳纳米管转化成了碳化硅纤维。研究人员将这些绒毛纤维填入透明的、富有弹性的塑料中，以测试它们的强度。结果显示绒毛纤维的强度是光滑纤维的4倍。美国国家航空航天局工程师、研究的合作者珍妮特·赫斯特（Janet Hurst）称，研究团队目前想测试新的卷曲纤维在陶瓷介质中的表现。他们还想用卷曲的氮化硼纳米管覆盖纤维的表面，因为氮化硼除了强韧，还能抵抗氧气对纤维的损害。



绒毛纤维：碳化硅纳米管（右图）或将使火箭引擎更耐高温。

碳化硅纤维非常强韧，不容易横向折断，但在高压下可能会纵向裂开。康涅狄格大学材料科学研究所的主任史蒂文·苏伊布（Steven Suib，未参与这项研究）认为，新的纤维能够耐受这种损伤，因为那些软软的绒毛能够分散压力。

话题四　牵动人心的国防科技



当代科技革命渗透进了人类社会的方方面面，军事国防也不例外。历史上很多新的科技发明往往从国防科技的研究和使用发端。国防科技成为推动科技变革的先行者，世界各国都将科技的成果首先应用于军事领域，因此国防科技具有技术密集和更新迅速的特点，颇受人们关注。

强化甲胄

撰文|史蒂文·阿什利（Steven Ashley）
翻译|阿沙

为了消除战事升级带来的威胁，装甲系统也需要不断升级。研究人员把多种新型的材料应用到了装甲上，以便在战争中给军队提供更好的保护。

一段视频展现了伊拉克战争场面：装甲车团的护卫队正在沙尘弥漫的堤道里巡逻；突然，震耳欲聋的爆炸声次第响起。通常，紧接着的便是一场有预谋的伏击。随着时间的推移，游击队逐步提高他们埋设在路边的炸弹、自杀性袭击和突袭的杀伤力。2006年，美军计划调遣一批能为车队和人员提供更好保护的新型装甲系统。

位于美国佛罗里达州杰克逊维尔市的美国装甲控股公司是一家安全产品制造企业。公司技术总监托尼·拉塞尔（Tony Russell）说："终结多样化的、不断升级的武力威胁是个艰难的课题。我们所开发的安全系统必须既能抵御反复出现的穿甲弹袭击，又可防御爆炸产生的碎片以及超高压冲击所带来的破坏。同时，不论哪种材质——金属、合金或陶瓷——都在这些花样迭出的破坏性袭击前无法'独当一面'。"此外，这种装甲还必须尽可能轻。拉塞尔说，成功的解决方案通常是综合多种不同材质，获得完美的性能。

装甲研发所取得的明显进展之一，是新开发出了超高硬度钢。这种合金钢比当时世界上最硬的高碳钢还要硬20%，不过，它的质地很脆，被撞击时更易碎裂。拉塞尔说，美国装甲控股公司已经引进了一种被称为UH56的最优化钢材，它"坚硬得能使射到它上面的穿甲弹粉身碎骨，但同时又拥有足够的强韧度来承受若干次射击"。此外，UH56还比它的同系列UHH同胞们具有更好的可塑性。目前，这些强化钢正被大量应用到美国轻型装甲车辆的制造中。

防御起来！

电磁装甲或许是目前防弹系统研究中最具未来色彩的。工程师正在研发

可以抵御聚能弹的武器，比如便携式火箭推进榴弹发射器。通过预设式点发，一枚精确导向的熔铜喷射弹便可发射，进而穿透很厚的金属或陶瓷装甲。目前的装甲——表层配有可以阻止喷射弹进入装甲的爆破装置——笨重且只具有一次性防御力。

相对而言，一旦电磁装甲系统探测到一枚即将到来的射弹，便会迅速生成一个强电场，而强大的磁场使高速热喷射弹的粒子发生偏转，破坏弹头的目标性。或许用不了几年，电磁装甲便可问世，而这需要开发提供能量的轻型能源。

同时，研究人员正致力于开发应用于装甲车窗的更优质的透明材料，该材料由多重材质、叠片结构的复合玻璃特制而成。由于新的威胁不断迫近，美国代顿大学研究学院的罗恩·霍夫曼（Ron Hoffman）解释道："我们采取的对策是为复合玻璃再增添一种新型材质层。"但是，额外的玻璃层将导致装甲车头重脚轻、燃料过耗以及行速缓慢。

一个可行的解决方案是采用更有效的氮氧化铝——一种由美国陆军和空军联合开发、质地坚硬、像蓝宝石般的材料。霍夫曼指出，氮氧化铝具有更强的防弹能力，却比传统玻璃防弹装甲几乎轻1/2，也薄1/2。

实际上，氮氧化铝已被研发多年，但它高昂的生产成本以及应用于装甲车窗时相对有限的尺寸这两大难题一直悬而未决。美国马萨诸塞州伯灵顿瑟莫特陶瓷公司的工程师，改良了氮氧化铝防弹材质的生产工艺，例如加热、压缩氮氧化铝粉末，以制作更大尺寸的整块材料，同时显著降低这种新型防弹装甲的生产成本。然而，这种"透明"陶瓷每平方厘米1.5～2.3美元的成本价格，仍比每平方厘米0.45美元的军用级防弹玻璃贵出不少。

防弹铠甲也将有一些明显的强化。标准版的防弹衣通过内镶硬陶瓷嵌片来强化防御力，它们厚重庞大，但比今天的轻型防弹衣具有更好的防弹性能。另一种备选的防弹衣为多层织物结构，由纤维B及其他高强度纤维密密织成。然而，一种称为液体装甲的新技术或许不久将取代它们，成为新宠。



液体装甲是指“在防弹织物中灌入一种剪切增稠流体”。美国特拉华大学化学工程师诺曼·瓦格纳（Norman Wagner）说：“这种物质可以在遭受打击之后不到1毫秒的时间内，暂时变得僵硬起来。”剪切增稠流体是由瓦格纳的研究团队和位于美国马里兰州阿伯丁市的美国陆军研究实验室的一个小组共同研发的，后者由埃里克·韦策尔（Eric Wetzel）领导。剪切增稠流体是坚硬的纳米颗粒（通常是硅或沙）悬停在一种非挥发性的液体（例如聚乙二醇）之中而形成的混合物。尽管这种液体只令防弹织物增重了大约20%，但却大大增强了织物抵御高速弹片穿刺的能力。韦策尔解释说，这种液体还能将冲击能量传递给更大范围的防弹织物，从而减轻钝性损伤的效果。



当有物体从其中穿过时，这种液体会立刻变得黏稠起来，一小瓶液体因此可以被提起来，纤维B的防弹能力也就随之增加。

铪弹骗局

撰文|丹尼尔·杜邦（Daniel G. Dupont）
翻译|施劼

“伪科学”项目早已在一些美国政府机构中“安营扎寨”。虽然这类项目受到科学家的反对和谴责，但美国军方对这类项目仍很重视。这些“幻想中的武器”已经耗费了美国军方巨额的经费。

反物质武器。心灵力量的隔空移物。能将宣传演说定向发送到毫无防备的敌人脑中的“千里传音”微波武器。能发起一次核攻击的手榴弹。

对于大多数科学家而言，这些话题过于标新立异，无法成为他们近期关注的研究热点。尽管他们持反对态度，上述或其他种类的“伪科学”项目，早已在一些美国政府机构中“安营扎寨”，并将一些未来超级武器的虚假希望，灌输给那些没有学过物理的政策制定者。

就拿所谓的铪弹来说吧，它又被称为同质异能素弹。据它的提议者介绍，这是一种极其先进的未来武器，它能利用所谓“同质异能素”的亚原子粒子中的巨大能量，小小一包就能释放出1000吨TNT当量的威力；另一些人则说，同质异能素能使功率强大的激光武器的威力更上一层楼。

几十年来，一些基于同质异能素的武器概念一直相当活跃。它们的基本观点在于，人们可以通过某种方法，使同质异能素（即具有一些受激质子的元素）发生衰变，并释放出巨大能量，这种能量可触发其他原子的核聚变。不过，直到1988年，这种想法才真正引起了人们的关注，当时一位主要提议者声称，他已经用一台牙科X射线机，成功地“触发”了铪元素的一些同质异能素释放能量。



根据一种靠不住的“同质异能素”炸弹理论，手榴弹可能总有一天会拥有**1000**吨**TNT**当量的威力。

科研人员严正指出这些结果是不可靠的、虚假的，甚至是不可能的，他们甚至使用威力强大得多的激光器也无法重复这项实验。一些批评家也指出，即使能被成功触发，铪也还是不能用于制造武器，充其量只能用于生产一种放射性炸弹，即“脏”弹。但科学家并不能阻止美国军方认真考虑和研究铪弹，以及为此提供资金。单单这种铪弹，就耗费了美国国防部1000多万美元。

沙伦·温伯格（Sharon Weinberger）是一名资深的国防记者，曾撰写了《假想的武器：五角大楼地下科技世界巡礼》一书。在这本2006年6月出版的书中，她披露了这类武器的研制内幕。她将美国军方一直持

续不断地研究铪弹，描述为“一个关于政府官员自欺欺人并自觉自愿地相信并不存在的威胁的故事”。美国军方试图利用这种幻想中的武器，来对付虚构的威胁。

按照温伯格和其他人的说法，五角大楼从事“伪科学”课题研究的一个原因应归结为美国军方预算的巨大数额——每年约5000亿美元，这笔预算为数不胜数的研究计划提供资金，一些资金需求量较小的计划很容易躲过监管；另一个原因是美国国会的资金调拨，立法者会在批准支出的款项中抽取一部分金额，用来回报选民。这些资金几乎不会有人来监管，甚至能为最不可思议的项目提供支持。



前五角大楼顶级武器检验员菲利普·科伊尔（Philip　Coyle）为美国防务情报中心工作，这个中心是位于华盛顿特区的一个监察组织。他评论说，许多立法者和工作人员“的确不了解这些技术”。他还补充说，这种无知可能会催生“很多标新立异的‘伪科学’项目”。

史蒂文·阿弗特古德（Steven　Aftergood）负责美国科学家协会政府保密项目计划，他说，大量保密因素掺杂进来，更促进了“伪科学”项目的泛滥。在“9·11”之后的安保环境中，越来越多的研究项目被划到保密

类，只有极少数人能获得批准来管理这类项目。他说："保密使资金提供者不会受到独立审查，并且他们用不着为其中一些计划泄密而感到难堪。"

阿弗特古德指出，2004年美国空军对于心灵移物所做的一项研究计划，也就是他口中的"星际旅行式远距离传输"，便是保密成为这类项目保护伞的一个例证。阿弗特古德说，因为给"几乎普遍认为在物理上站不住脚的"东西提供资金，美国空军受到大量批评。他还说，只有在这个项目计划曝光之后，人们的批评才不断出现。他认为："如果资金调拨的过程更透明一些，那么纳税人可能就会省下这笔费用。"

对于这些研究支出，美国空军辩解说，为了以防万一，他们需要对每一种情况都加以调查。批评者们对这种辩解不以为然，其中就有美国加州理工学院的史蒂文·库宁（Steven Koonin）教授。他是20世纪90年代末五角大楼铪弹问题评审小组委员会的委员，在温伯格的书中，他说："这并不足以让美国空军'脱离困境'，这只是他们强词夺理，试图摆脱困境罢了。"

安全防御出新招

撰文|戴维·别洛（David Biello）
翻译|施劼

在各国和恐怖分子的斗争中，一些技术性的措施被不断提出，但水平再高的技术都无法确保安全。有专家提出，加强安全保卫强于更好的技术。

造访白宫与准备登机不同，除了行李需要通过X射线机的透视、访客需要通过金属探测器的检查之外，白宫的检测装置还多用了一些技术，特别是所谓的反向散射X射线技术。采用这种技术，一些装置就能捕获检测对象反射回来的辐射。相比常规的X射线机，反向散射X射线技术能产生更为详细的影像，甚至能检测出一些有机材料，例如液体炸药等。

随着恐怖分子最新动向被揭露出来，这样一些技术性的补救措施迅速蹿红。不过，这种情况并非首次出现：早在20世纪80年代，反向散射就受到人们的广泛吹捧，人们认为它能防止劫机和其他航空旅行事故的发生。其他一些高科技解决方案则能检测出一系列严重威胁，例如用于人员扫描的毫米波传感器、用于探测鞋子炸弹的四极共振装置、用于精确确定被检对象的化学组成的中子轰击装置等——当然它们的价格也十分昂贵。美国运输安全局至少已安装了100个痕量探测器，专门用于美国的主要机场，以探测衣服、行李或旅客身上各种微量可疑化合物。不过，技术终究不能一劳永逸地解决安全问题。

美国运输安全局的技术主管兰迪·纳尔（Randy Null）解释说："现有的所有技术装置，甚至将来可能开发出来的任何设备，都无法百分之百有效。"美国南加利福尼亚大学恐怖活动风险与经济分析中心主任德特洛夫·冯·温特费尔特（Detlof von Winterfeltdt）则表示："机场的放射性入口检测装置是好东西吗？成本效益分析表明它们的确不错。那么地对空导弹偏转装置也是好东西吗？那就很难说了。"

假如恐怖分子采取在空中制造炸弹之类的伎俩，毫无疑问他需要极高的技术水平和丰富的经验。就拿过去恐怖分子曾经使用过的三过氧三

丙酮来说吧。制造三过氧三丙酮时，必须对浓缩的过氧化氢、硫酸和丙酮加以混合，这个过程需要不停地进行冷却。否则，在混合时，这些液体将发生爆炸，尽管威力不大，却足以炸死那名恐怖分子，但不足以摧毁一架飞机。即使一颗炸弹在飞机上被引爆，它也可能无法发挥恐怖分子预期的威力。1988年，阿洛哈航空公司243航班在7300米高空发生了与机身结构有关的爆炸性减压，前半部分机身被撕裂了一大块，而机上的大部分机组人员和乘客却在这次事故中幸免于难。

为了更好地利用有限资金，我们应将工作重点放在那些有可能变成恐怖分子的人们身上。布赖恩·迈克尔·詹金斯（Brian Michael Jenkins）是兰德公司（美国研究与发展公司）的资深顾问和前白宫航空安全保卫小组成员，他说："我们尚未对这种恐怖循环的最初源头制定任何战略，仅仅是努力减弱恐怖信息的传播，设法阻止恐怖分子的招募补充。除非我们能够在这场斗争的其他方面做得更好，否则我们会因为采用头痛医头、脚痛医脚的战略，而遭到谴责。我们将永远这样疲于奔命，而且收效甚微。"

针对恐怖源头的最有效方法，便是监视和渗入，这正是挫败伦敦恐怖分子阴谋使用的方法（尽管一些专家对抓捕行动的时间安排存有异议，他们认为进一步监视，有可能会查出更多的可疑分子或恐怖分子网络）。监控网站和数据采选也必不可少。威廉·多纳霍（William Donahoo）说，一旦情报人员收集到一些重要的数据资料，那么"他们必须能够将这些节点联系起来"。多纳霍是Cogito分析软件的研发副主管，这个软件已经获得了美国国家安全局颁发的生产许可证。Cogito分析软件的工作方式是，将所谓的节点——人、地点或事件——连接起来，借助它们形成的各种弧线（即相互之间的关系），再根据一些原理，诸如特定节点拥有的关系数目，生成一些假设。当然，这种数据采选并不会比数据本身更加出色。多纳霍补充说："这并不意味着软件可以自动地识别坏人，并将他们抓捕起来。我们只是努力帮助分析人员更好地完成他们的工作。"





自从2006年8月10日，一起恐怖主义阴谋被挫败之后，安全防御的加强导致许多国际机场的乘客和航班延误，包括上图所示的罗马某奥纳多·达·芬奇机场。

真正使技术发挥作用的，实际上还是技术背后的人：分析人员、安检人员和警察。例如，美国运输安全局已推出了更好的培训方式。纳尔指出："在过去一年里，我们的确实施了一种强化IED（临时制作炸弹装置）培训。我们在现场摆放一些标准化炸弹组装件，以便警察能将用于炸弹制造的装置和材料找出来。"据美国政府会计责任办公室的一份报告

介绍，美国运输安全局还加强了对职员的测试，并且实施了一些在其他国家已被证明有效的新举措，例如利用观察技巧来甄别乘客，查看那些看起来做贼心虚或行为可疑的旅客，并与他们交谈。

美国政府会计责任办公室的国家安全与司法部门主任凯瑟琳·贝里克（Cathleen Berrick）评述说，最好的机场安检措施不在于使用昂贵的技术手段去专门检测某种恐怖袭击方式，比如液体炸药或鞋子炸弹，因为具体的袭击方式很容易改变。她解释说："如果让检查鉴别程序多一些变化，恐怖分子就无法知道怎样应对。任何单一的技术都无法确保安全。"事实证明，采用多种技术对乘客进行随机抽查，要比所有机场在所有时间都使用同样的仪器进行全面检查更有效。兰德公司的詹金斯指出："我们正在落实到位的各种措施是长久性安全防御蓝图的一个组成部分。我们没有可以随时随地保护万事万物所需的足够资源。如果仅从单一技术层面去解决安全防御问题，那是注定要失败的。"

令人放心的航空安全

对于恐怖主义客观风险的深入了解，能缓解人们对航空旅行安全性的过分恐慌和担心。据一些专家推算，即使将"9·11"之类的灾难性事件计算在内，美国人平均每年在飞机或其他地方成为恐怖主义受害者的可能性仅为五十万分之一，而每年因车祸而丧命的可能性大约为1/6500。兰德公司的詹金斯说："每当我的朋友问我'以什么方式出游更安全'时，我就告诉他们，在去机场的路上，开车一定要小心。"

激光武器即将登场

撰文|史蒂文·阿什利（Steven Ashley）
翻译|王昊明

固态激光武器将被部署在战场上，摧毁数千米外来犯的炮弹和导弹。激光武器将不再是科幻小说的专利。

激光武器一直是科幻小说中的主力武器。美国好几家国防军工企业的工程师已经成功完成了针对“激光炮”系统原型关键部件的试验。这种卡车大小的激光武器适合配备在飞机、军舰及装甲车上，发射的光束可以在数千米以外摧毁目标。就算中间隔着灰尘和烟雾，激光炮仍然能够准确命中。

输出功率介于数百到数千千瓦的激光器，被称为高功率激光器。按照美国国防部高能激光联合技术办公室（位于新墨西哥州阿尔伯克基市）主任马克·尼斯（Mark Neice）的说法，与传统的击发式武器相比，这种高功率激光器拥有许多优点，“它们可以提供极为精准的光速打击能力，而且几乎不会给目标造成其他的附带破坏”。

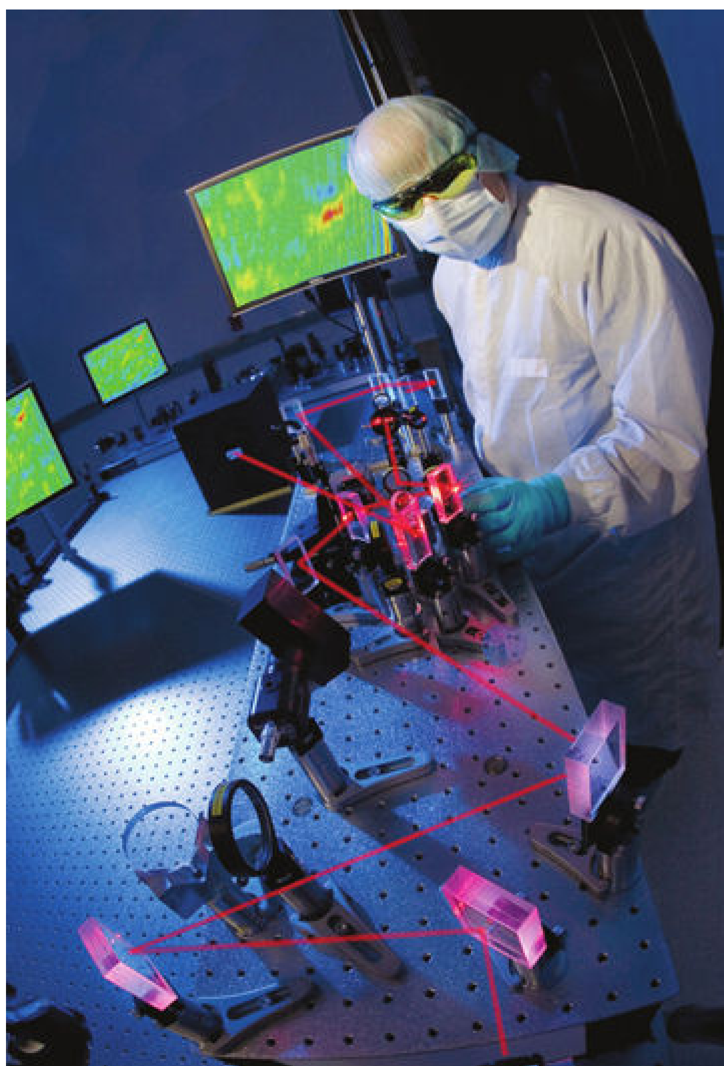
致命的反应

美国军方成功研制出了一种强大的激光器——一种通过化学反应提供能量的定向能设备。这种激光器被称为氧碘化学激光器（COIL），它比固态激光器更加强大，输出功率可达数千千瓦。但这些设备都十分庞大，而且储存的反应物一旦耗尽，就无法运行了。不过，国防设备承包商正准备将这种设备安装在飞机上。一架波音747飞机上将安置一套COIL系统（即所谓的“YAL-1A机载激光器”），用于防御空中打击，特别是弹道导弹的攻击。另一架AC-130重型攻击机将配备一套高级战术激光器，用于防御精准的地对空袭击。

过去，人们对激光武器前景的一次次预测似乎都被证明是过于乐观了，这让怀疑论者开始嘲笑激光武器，称它们“是属于未来的武器，而且永远属于未来”。不过这一次，激光武器似乎真的要问世了。尼斯声称：“军工企业正准备向军方交付实战型定向能武器（即能在很小的角度

内定向传输能量来打击遥远目标的武器，激光武器只是其中一种），它们可以应用于攻击性或防御性军事任务。”

过去几年里，在美国空军、陆军和海军的资助下，美国诺思罗普-格鲁曼公司、德事隆公司、雷神公司和劳伦斯利弗莫尔国家实验室的研究人员在大型固态激光器的研究领域成绩斐然。这些激光器直接依靠电能运转，连接到车载发电机、燃料电池或电池组上之后，一台平均输出功率超过100千瓦的固态激光器，便会拥有近乎“无限”的弹药。利用这些廉价的“弹药”，激光武器可以在5～8千米以外，击毁来袭的火箭和导弹。这些激光武器还能让敌方的光电及红外线战场探测设备失效，并让步兵在安全距离以外执行排雷和引爆炸弹的任务。





在美国诺思罗普 - 格鲁曼公司的实验室里，研究人员正在测试固态激光器。如果这种激光器的输出功率高于100千瓦，它就可以制成激光武器，帮助步兵击毁来袭的迫击炮弹和火箭。

这种高能设备的核心是增益介质——一种能够增强激光能量的物质。在DVD播放器和其他消费类电子产品的激光二极管中，半导体层充当着增益介质的角色。诺思罗普 - 格鲁曼公司定向能技术及产品负责人杰基·吉什（Jackie Gish）解释说，在大型固态激光器中，增益介质是边长几厘米的立方体（也有长方体）。这些增益介质由坚固的陶瓷材料构成，比如掺有稀土元素钕的钇铝石榴石。通常情况下，增益介质的尺寸越大，输出功率也就越大。

德事隆公司应用技术副主管约翰·博内斯（John Boness）说，每个研究团队都采用了不同的方法将多个增益介质连接在一起，由此产生的“激光链”的输出功率可达数十千瓦。工程师预计很快就能让这些激光链有序地依次发射，或者同时发射，让输出功率达到100千瓦，以满足军事激光应用的入门级要求。尼斯则指出，激光器还要满足其他一些关键性能指标，比如连续运转时间高于300秒（以满足多次激光发射的要求），光电转换系统的能量转换效率不低于17%。最重要的是，光束“质量”必须合格（其实就是聚焦问题），以确保有足够的光子命中目标，加热目标的表面，从而摧毁目标，或使目标失效。

如果增益介质产生的激光能够满足以上要求，它们应用于实战也就指日可待了。博内斯指出，成功的关键在于，将它们结合成有效的武器系统，并实现小型化，以便安装在合适的交通工具上。此外，一台大型固态激光器还需要一套1000千瓦以上的可再生电源，外加一套冷却装置，以防止增益介质过热导致光束扭曲。

这套武器系统还需要一套光束定向器来瞄准目标。定向器可能是一面巨大的可移动镜面，配备了自适应光学系统或可变形光学元件，以补偿大气扰动的影响（大气的扰动状态可以用低能探测激光加以测量）。最后，瞄准目标还离不开雷达系统或光学显示系统的锁定和追踪。

实用激光武器的出现，不亚于一场战争革命。不过在现阶段，我们还无法将这么多的技术集成到柯克船长（Captain Kirk，美国科幻电视剧《星际迷航》中的角色）的激光枪（《星际迷航》中的一种单人武器，通过发射一束能量射线来攻击对方）中。那种小型激光武器暂时仍无法从科幻变成现实。

探测核材料的“火眼金睛”

撰文|马克·沃尔弗顿（Mark Wolverton）
翻译|庞玮

美国洛斯阿拉莫斯国家实验室开发出一项新技术——“μ子断层扫描技术”，利用这项技术制成的核材料探测仪器具有无辐射、无法被屏蔽等诱人的优势，非常值得期待。

美国洛斯阿拉莫斯国家实验室诞生过世界上第一颗原子弹，现在那里又诞生了一种搜寻非法藏匿核材料的新方法。该实验室已经发展出一种技术，可以利用来自宇宙空间的一种亚原子粒子——μ子，探测诸如铀原子之类的重元素，这被称为“μ子断层扫描技术”。

地球表面1平方厘米的面积上，每分钟就有大约1万个μ子抵达。这些带电粒子是宇宙射线轰击高层大气中的分子时产生的副产品。μ子接近光速传播，可以穿透岩石和其他物质，贯穿至几十米深处，最终受到其他原子的吸收或散射而逐渐消散。散射过程在铀和钚这类原子序数较大（即原子核内质子较多）的重元素中体现得更为明显。利用μ子探测重元素技术的主要发明人、美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的克里斯托弗·莫里斯（Christopher Morris）解释说：“μ子的散射对原子序数比较敏感，对那些用来制造核弹的核材料，或用于屏蔽核材料的重金属更是十分敏感，这项技术就利用了这一点。我们测量每个μ子偏转的角度，也就是测量μ子入射时的角度和出射时的角度，然后计算两者之差，这个角度差可以告诉我们μ子穿过了多少物质。”

“9·11”之后，美国国土安全问题日益受到关注。莫里斯和他的研究小组意识到，在探测走私入境的核材料方面，μ子探测技术要比现有的X射线、中子或伽马射线探测技术更有效。现有的三种技术都会对人体造成辐射伤害，而μ子探测技术根本不存在这样的问题，因为我们平常就生活在μ子的“海洋”之中。而且，当其他探测手段在屏蔽面前无能为力时，μ子探测器却能更容易地找到违禁核材料：这些高密度的屏蔽物质会在μ子断层扫描面前无处藏身，因为μ子散射技术不会像X射线成像探测技术一样，受到背景散射的干扰。

μ子

μ子是一种带有一个单位负电荷、自旋为1/2的基本粒子。μ子与同属于轻子的电子和τ子具有相似的性质，人们至今未发现轻子具有任何内部结构。历史上曾经将μ子称为μ介子，但现代粒子物理学认为μ子并不属于介子。

μ子的质量为105.7MeV/c^2，大约是电子质量的207倍。由于μ子的性质与电子相似，因而可以把μ子想象成一个“加重版”的电子。由于质量更大，μ子在电磁场中的加速和偏转比电子要慢，发出的轫致辐射也较电子少，这使得μ子与相同能量的电子相比能够穿透更厚的物质。例如，宇宙射线中的μ子能够穿透厚达数百千米的大气层到达地表，甚至能到达数百米深的矿井之中。

μ子的能量远大于常见放射性衰变的衰变能，因此μ子不能通过放射性衰变产生。μ子可以在加速器上进行的高能物理实验中通过强子参与的核反应产生，此外，宇宙射线与地球大气作用也会产生大量μ子，这也是已知唯一的天然μ子来源。

2006年，研究小组制成了一台μ子探测器的原型样机。这台样机成功地“嗅”出了藏在发动机汽缸中的一块10厘米见方的小铅块——这样的东西通常会逃过传统的X射线检查。美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的技术转化联络员埃丽卡·沙利文（Erica　Sullivan）说：“那次成功让我们对该技术的有效性充满信心，我们已经准备充分，打算进入下一阶段的开发了。”

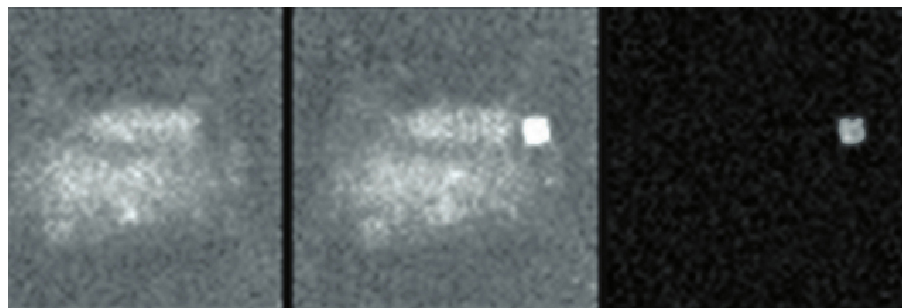
决策科学公司是一家总部设在圣迭戈的软件公司，专门从事防卫技术应用方面的开发，他们对美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的μ子断层扫描技术很感兴趣。在得知原子序数适中的物质（比如制作简易爆炸装置的铁和铜）也可以用该技术来探测之后，他们更是表现出了极大的热情。2007年春天，决策科学公司和美国洛斯阿拉莫斯国家实验室正式达成协议，共同开发用于国土安全防卫的商用型μ子断层扫描系统。

用μ子预警地下威胁

物理学家路易斯·阿尔瓦雷茨（Luis　Alvarez）是利用μ子透视物体的第一人。20世纪60年代，他曾在埃及吉萨金字塔群的一座金字塔中，用μ子寻找密室。虽然一个密室也没找到，但他的研究工作证明，μ子透视成像是可行的。除了阻止恐怖袭击以外，μ子还可以用来预警自然灾害。日本东京大学的田中博之和名古屋大学的中野敏行用特殊的照相底版“拍摄”了贯穿日本浅间火山的μ子，μ子数目和角度的变化可以显示火山内部的图像和岩浆的流动，这些结果说明，可以利用该技术预测未来的火山爆发。

合作双方正在建造一台可以投入运行的原型机。决策科学公司负责该项目的经理戴夫·克卢（Dave Klugh）表示："这台原型机不再是用于实验室模拟或物理模拟的小型模型，而是可以用的真家伙。"这种商用探测器被称为"μ子卫士"。

商用型μ子断层扫描仪不同于实验室里的小型模型，而是一条大得足以让半挂式卡车通行的隧道。一层层铝制探测器围成一个高约4.8米、宽为3.6～4.2米、长约18米的空间。每个探测器里都填充了气体，μ子从中穿过，就会在气体中留下一条电离尾迹。从探测器中间穿过的一根细金属线能探测到这条尾迹，从而揭露μ子的行踪。要得到一幅详细的断层扫描图像，仪器需要扫描20秒到1分钟的时间，具体时间取决于被扫描车辆的大小及车上装载的货物。如果系统"掌握"了不同车辆的结构和模型，它还能忽略那些已知安全的部分，比如发动机和传动装置，这样就能缩短扫描时间，让不同寻常的物体更加凸显出来。



μ子的火眼金睛：左图是利用**μ**子扫描技术得到的汽车发动机图像。中间的扫描结果显示，一个铅盒被藏匿在发动机中。在抠除了发动机本身的图像之后，铅盒便无处藏身了。

美国阿贡国家实验室物理学部副主任、资深物理学家唐纳德·吉萨曼（Donald Geesaman）称，美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的这个项目"非常诱人"。他评价说，该项目的研究人员"在如何得到足够清晰的图像分辨率这一难题上取得了重大的突破"。正如克卢所说："我们十分需要这样的产品，很早以前就已经迫不及待了。"



激光拦导弹

撰文|蔡宙（Charles Q. Choi）
翻译|王栋

一项新技术可以帮助军用直升机躲避导弹攻击。

在阿富汗战场上，美军高度依赖直升机，因为那里险峻复杂的地形不利于固定翼飞机起降，也不利于部队和车辆在地面行进。不幸的是，美军装备的大约3000架直升机具有飞行速度较慢、地平高度较低的弱点，这让它们成了对方肩扛式地空导弹的活靶子。

当今最先进的导弹防御系统，最初是为固定翼飞机研制的，然而其无法承受直升机飞行时产生的震动。不过，美国密歇根大学安阿伯分校的激光与光纤科学家穆罕默德·伊斯兰（Mohammed N. Islam）和同事正致力于利用市面上买得到的激光器开发一种能适应直升机苛刻条件的、阻拦导弹攻击的方法。激光器发出的红外光束照射在导弹上，能够阻塞导弹的热探测器，为直升机争取足够的时间飞离危险区。





这项新技术的思路来源于电信运营商，他们利用多种波长的激光在光纤内为数据信号提供传播通道。伊斯兰还准备将该技术推向市场。这些“中红外超连续谱激光器”能够发出的激光的波长范围要比普通激光器发出的宽得多，从可见光波段的800纳米一直延续到中红外波段的4.5微米。并未参与此项研究的美国马里兰大学巴尔的摩分校激光科学家安东尼·约翰逊（Anthony M. Johnson）评价说：“使用能够在市面上直接买到的激光器，这一招很聪明。”

或许，需要抵御导弹攻击的军用直升机是这种激光防御系统的最大客户。不仅如此，伊斯兰说，所有航空器都可以使用这种技术。

美军装备

撰文|拉里·格林迈耶（Larry Greenemeier）
翻译|王栋

为了减少士兵伤亡率，美军研制了多种高科技装备。

自“9·11”以来，美国国会通过了近1.3万亿美元的军费开支。其中有一部分军费用于研发充满未来感的武器装备，如外装甲。

●防弹衣和外装甲

因为装备了改良型的防弹衣，身处阿富汗和伊拉克的美国士兵在与对手的直接交火中，或遭遇简易爆炸装置的袭击时，生还率大有提高。目前，雷神公司、洛克希德·马丁公司和其他一些军火承包商正在研发液压驱动外装甲，穿上它的士兵能够携带更重的装备，身体力量和耐力也能得到提升。



●智能榴弹发射器

从2010年下半年起，与步枪差不多大小的XM25反遮蔽目标交战系统开始在阿富汗投入使用。这种武器发射出的子弹带有微芯片，能根据预先设定的程序在射出一定距离后引爆。



●卫星导航降落伞

向阿富汗群山中的军队运送食物、饮用水和弹药是一项极具风险的任务。因此，美军研制了“联合精确空投系统”。这是一种可操控的降落伞，装备有计算机和全球定位系统，于2006年起投入使用。



●导弹制导系统

“得益于制导精确度和射程的提升，美国及其盟国能在70千米外发射导弹，摧毁任何一座房子里的任何房间或角落。”英国布鲁内尔大学的

克里斯蒂安·古斯塔夫森（Kristian Gustafson）说。



●无人驾驶飞机

在阿富汗、伊拉克和巴基斯坦，无人驾驶飞机用来执行监控、侦查和攻击任务。自“9·11”以来，无人驾驶飞机研制的最大进步是，可在距战场数千千米外，通过操纵杆和计算机监视器来控制飞机。下一代无人驾驶飞机将会在大小上做文章，从小如蜜蜂到大似飞艇的飞机都有。



军用飞行车即将起飞

撰文|许杰仁（Jeremy Hsu）
翻译|王栋

美国五角大楼资助研发的军用“变形金刚”飞行车，即将变成触手可及的现实。

汽车能像直升机一样飞行，这听起来颇有些科幻小说的感觉。但是，在美国五角大楼的资助下，历经4年的研发，“变形金刚”军用飞行车即将变成触手可及的现实。美国国家航空航天局、洛克希德·马丁公司和一家名为先进战术的新兴航空航天公司分别推出了两种原型机，让自动驾驶飞行车有可能成为未来战场的机器人主角之一。

无论是护送美国海豹突击队深入敌境，还是到直升机无法到达的城镇转移伤员，或是为分散部署的军事单位提供补给，飞行车或者类似的飞行器都能发挥巨大作用。美国国防部高级研究计划局也希望，能拥有一种无需经过飞行员训练，普通士兵就能操控的运输工具。飞行车的这一优点非常重要，体现了战场对自动化“大脑”的需求，因为类似的系统或许还能用于操控战场无人机和机器人。



美国国防部高级研究计划局批准洛克希德·马丁公司在2015年上半年，建造并测试一种“变形金刚”原型机，目前被称为“可重置嵌入式航空系统”。严格来讲，“可重置嵌入式航空系统”并不是一台一体化飞行车，而是一架无人驾驶、可垂直起降的无人机，能够运载一辆轻型地面车辆（例如沙滩车）。这种设计方案让飞行车更灵活，不仅可以用来运送货物、医疗转移吊舱，还能用于战场监测及侦查的传感器等。此外，“可重置嵌入式航空系统”装备有涵道式螺旋桨，而非普通直升机的开放式旋翼，这不仅能让它比直升机飞得更快，还能避免士兵暴露在飞速旋转的螺旋桨叶片下。

美国国防部高级研究计划局项目中的另一种原型机，由先进战术公司独立研制。这部名为“黑暗骑士变形金刚”的设备，从外形上看更像是一部飞行车。根据设计方案，它最高能以150英里／小时（约合241千米／小时）的速度飞行，航程可达290英里（约合467千米）。“黑暗骑士变形金刚”由8个小型开放式旋翼提供飞行动力，在地面行驶时，旋翼会贴身收起。这部飞行车装备有汽车悬挂系统和越野卡车传动系统，地面行驶速度也可达到70英里／小时（约合113千米／小时），承载能力则超过了1000磅（约合454千克）。

在先进战术公司的设想中，他们的“黑暗骑士变形金刚”将拥有自己的“大脑”，可自主执行医疗撤退和货物补给等飞行任务，只有在地面时才需由人驾驶。2013年12月，该公司已经对一部“黑暗骑士变形金刚”原型机进行了地面行驶测试，并进行飞行测试。

新美国安全中心的“20YY战争首创研究”项目的负责人保罗·沙勒（Paul Scharre）认为，即便该项目最终不成功，它也很有价值，因为飞行车所使用的更加智能的软件，能带来巨大的价值。飞行车控制软件能够自动执行起飞、飞行和降落。在这类软件的帮助下，少数人类士兵就能指挥数量庞大、更加智能的无人机和机器人。此外，该软件还能帮助美军将普通直升机和其他运输工具改装成可以随时进入危险地带的无人操控机器人。

话题五　寻求安全的信息技术



计算机和互联网为代表的信息技术浪潮已经在深刻地影响着我们的生活和思维方式，人类已经步入数字时代。不过，计算机和互联网在为我们带来便利的同时，也可能带来一系列安全问题，比如身份盗窃和计算机病毒等，这些问题值得我们关注。

空白频段争夺战

撰文|拉里·格林迈耶（Larry Greenemeier）
翻译|王栋

高科技公司发明了一种速度飞快的无线上网方法，但由于该方法利用了空白频段，会对数字电视信号产生干扰，没能通过美国联邦通信委员会的检测。未来的无线设备会对高清电视带来干扰吗？

微软、谷歌和一些世界上最具影响力的科技公司，发明了一种无线上网新方法。新方法速度飞快，与它相比，如今的Wi - Fi标准无线网络慢得就像拨号上网一般。然而，各大电视广播公司十分恼火，因为在电视信号数字化后，这种飞速网络访问也许会对数字电视信号的传送产生影响。2007年，在美国联邦通信委员会（FCC）进行的一次测试中，无线设备对附近电视上播出的数字节目产生了严重的干扰。

空白色频段是这一矛盾的关键所在，它们是不同电视频道之间没有被使用的频段，用于防止频道间信号相互干扰。2009年2月17日，也就是美国立法规定的该国电视播送信号必须完全数字化的最后期限，这些空白频段会变得更宽，释放出更多可用的无线电波频率。（数字电视信号占用的频道宽度比模拟信号要小。）



新的无线服务将使用各个电视频道之间的缓冲频段，极有可能干扰数字广播信号。

价值百亿美元的兆赫兹频段

2008年3月，FCC对模拟电视广播停用后空闲出来的无线电波频段进行了使用权的首次拍卖。FCC拍卖700兆赫频段（其实是从698兆赫到806兆赫的频段）筹集到的资金超过190亿美元。FCC称，这是迄今最大的一次频段拍卖，金额远远超过了美国国会预计的100亿美元。中标者包括美国电话电报公司和威瑞森电信公司之类的移动电话运营商。利用这一频段，这些公司可以用更少的功率把手机信号传送得更远。

在高科技公司看来，这些空白频段缓冲区是极其宝贵的资源。利用这部分频段，计算机、手机和其他一些无线设备，能以每秒数千兆比特的速率传输数据（Wi - Fi标准无线网络的速率为每秒数兆比特），从而能够支持网状网络、偏远地区宽带接入以及无线热点服务。在一次宣传该计划的记者招待会上，谷歌公司华盛顿特区分部的电信及传媒律师里克·惠特（Rick Whitt）这样评价："或许你可以称它为Wi - Fi 2.0或超高速Wi - Fi。"2008年3月，继竞争对手微软之后，谷歌也向FCC递交申请，表明该公司对空白频段探测技术的支持立场。谷歌对无线技术大感兴趣的原因在于，他们想借此推广公司为移动设备开发的、开放源代码的安卓操作系统及配套软件。



但是，广播电视运营商不会为这套数字基础设施掏腰包，因为该设施只会让手机和互联网传输侵占他们的电视频道，使数字电视变得比用两根兔耳朵似的天线来接收信号的模拟电视更不稳定。因此，谷歌等公司想要抢占空白频段，就必须先获得FCC的许可。FCC需要这些公司证明，他们的设备能够有效锁定并使用空白频段，且不会干扰广播信号和其他已经在使用这些开放频段的设备，比如无线麦克风等。

Adaptrum、微软、摩托罗拉、飞利浦和新加坡资讯通信研究院等五家公司已经向FCC提交了测试原型机。每一台原型机都要设法从原先的空白频段中“圈出”一小块频段，既要让无线设备可以在其中正常运行，又不能阻碍或干扰其他信号——这种技术被称为“感知无线电”。

当时，尽管有些原型机能够检测到电视和无线麦克风信号的存在，但是具备数据传输功能的原型机还没有通过可靠性检验。微软曾在测试用于探测空白频段的原型机时出现了“意外自动关机”。微软公司的一位发言人说：“由于原型机意外关机，FCC无法继续进行测试，于是决定终止对这台设备的测试。”不过他没有透露更多的细节。这是微软公司的设备第二次在FCC的耐久性测试中败下阵来。

这些高科技公司相信，总有一天，他们会发明一项技术，可以自动

检测空白频段，并在不干扰其他合法用户的前提下临时借用这一频段。飞利浦公司北美研究院无线通信和网络部的项目负责人基兰·沙拉帕里（Kiran Challapali）说："飞利浦公司向FCC提交一种更先进的频谱检测技术，该技术能够检测信号并进行无干扰传输。"惠特说："如果这样的系统最终能通过检测，谷歌就会把能够使用空白频段的无线设备推向市场，用户也不必担心该设备会对他们昂贵的大屏幕高清电视带来干扰。"

蠕虫病毒：向集团犯罪进军

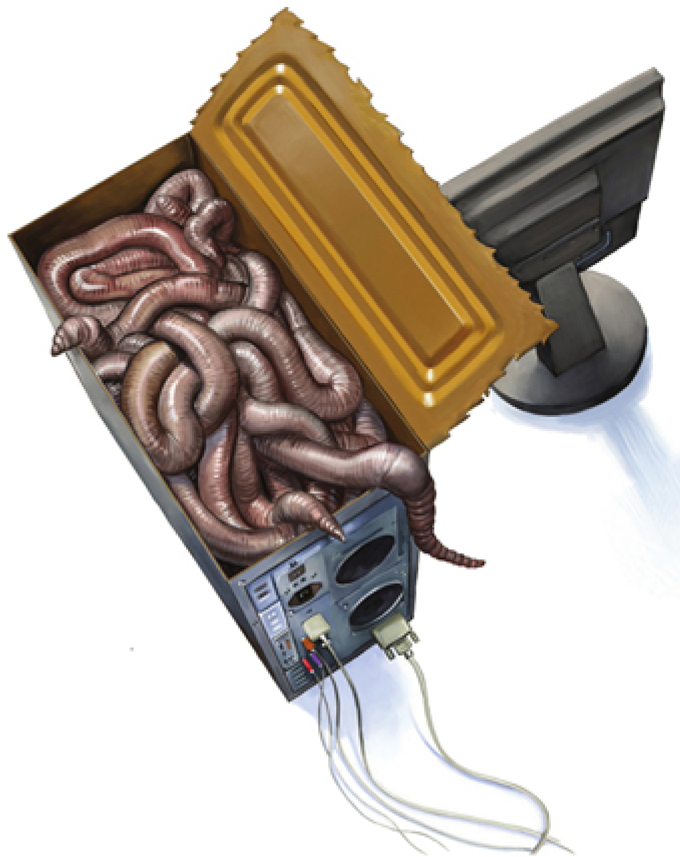
撰文|迈克尔·莫耶（Michael Moyer）
翻译|王栋

Conficker蠕虫病毒让人们看到，全球恶意程序产业正向一种高效的团队合作模式演化。计算机病毒的背后，是一个个管理严密的犯罪组织。

对众多计算机用户来说，在4月1日那天不开机或许是个明智的选择。自2008年11月以来，一种名为Conficker的恶意程序已成为近年来对互联网威胁最大的计算机病毒之一。据估计，全球大概有1000万台计算机被它感染过。这种恶意程序会悄悄侵入运行Windows操作系统的计算机，然后静静潜伏下来，一直等到4月1日愚人节那天发作（不过，它的计时过程并非不可发现）。到了这一天，它会下载并执行一系列新的指令。虽然没人知道未来会是怎样，但作为一个典型例证，Conficker蠕虫病毒的复杂性已让人们看到，全球恶意程序产业正在向一种高效的团队合作模式演化。同时，它也让研究人员意识到，他们有必要借鉴对手的技术和经验。

蠕虫病毒

蠕虫病毒是一种常见的计算机病毒。它利用网络进行复制和传播，比如通过电子邮件传播。蠕虫病毒的名字来源于在DOS环境下，病毒发作时会在屏幕上出现一条类似虫子的东西，胡乱吞吃屏幕上的字母并改变其形状。蠕虫病毒是自包含的程序（或是一套程序），它能传播自身功能或自身的某些部分到其他的计算机系统中（通常是经过网络连接）。



通常，蠕虫病毒是利用操作系统（这里是指微软公司的Windows操作系统）的安全漏洞进行复制和传播。Conficker蠕虫病毒是一段非常先进的代码，能使计算机里的杀毒软件瘫痪，它还会自动更新，获取更多的功能。这种蠕虫病毒在互联网上的飞速传播，再次引起了人们对最具争议的安全防护手段——“编写并传播‘有益’蠕虫病毒”的兴趣。这类程序会像其他蠕虫病毒一样传播，但它能保护那些被它感染的计算机。2003年年底，一种“有益”的蠕虫病毒曾小试牛刀：当时，一种名为Waledac的蠕虫病毒能与“冲击波”蠕虫病毒攻击同一个Windows操作系统安全漏洞，不过与“冲击波”病毒不同，Waledac蠕虫病毒的作用是为被它感染的计算机升级安全补丁。

表面上看，Waledac蠕虫病毒似乎是成功的。然而和所有蠕虫病毒一样，它依然会使网络流量激增，进而“阻塞”互联网。它还能在未得到用户许可的情况下重启计算机（Waledac蠕虫病毒自动升级服务最为人诟病，许多用户宁可关闭这项服务的原因是更新安全补丁需要重启计算

机，而有时重启是在不恰当的时间）。更重要的是，无论目的多么高尚，蠕虫病毒的传播终究是一种未经授权的入侵。

Waledac蠕虫病毒之后，有关“有益”蠕虫病毒的争论逐渐平息，部分原因是蠕虫病毒本身逐渐消失了。非营利安全研究公司SRI国际的项目主管菲利普·波拉斯（Philip Porras）说：“在本世纪初，世界上都还没带有明显商业痕迹的恶意程序传播行为，只有黑客通过病毒来发布声明或者获得认可。”蠕虫病毒会将计算机串联起来，形成规模较大的“僵尸网络”，进而攻击并关闭某些合法网站。这是一件令人兴奋的事，但并不会带来很多利润。



过去几年里，恶意程序的商业化程度明显比以前更高。互联网上的“钓鱼者”给人们发送邮件，骗取各种账号和密码。犯罪分子也开始向正规、合法的网上商店上传难以发现的监控代码，偷偷盗取顾客的信用卡信息，然后把盗来的信息放在网上黑市出售。一个用户的网上银行账号和密码可以卖到10～1000美元；较为普遍的信用卡账号甚至便宜到每

个6美分。根据互联网安全公司赛门铁克的估计，每年出现在网上黑市的“商品”总价值已超过70亿美元。

在这些骗局背后，是管理严密的犯罪组织。他们通常像做生意一样交易恶意程序。他们先从网上黑市购买先进代码，然后进行修改，将修改过的代码或被恶意程序控制的“僵尸网络”卖给出价最高的买家。他们还会投入资金，不断升级蠕虫病毒，尽可能延长病毒的“生命”。这种“生产线”式的运作模式实际上是一种犯罪。

4月1日之后的一周，Conficker蠕虫病毒的制造者和传播者的盈利目的就很明显了。该病毒会下载一个著名的垃圾邮件生成器。此外，被Conficker蠕虫病毒感染的计算机每隔几分钟就弹出一个非常令人厌烦的“Windows安全警报”窗口，声称这台计算机已被病毒感染，这倒是事实。警报窗口还承诺，只要下载售价50美元的指定杀毒软件，就能清除病毒，不过，仅限信用卡付款。

讽刺的是，常规的系统升级本应一开始就能阻止蠕虫病毒的传播。但在Conficker蠕虫病毒出现整整4周后，微软公司才发布了能使用户免遭该病毒感染的“紧急”安全补丁程序。显然，上百万台计算机已经没有机会升级该补丁程序了。令人担忧的是，也许还有上百万台的计算机并没有获得有效防御该病毒的能力——即使4月1日已经过去。或许Conficker蠕虫病毒已再次潜伏下来，静静等待新的指令。

虚拟世界无法可依

撰文|迈克尔·坦尼森（Michael Tennesen）
翻译|张连营

随着社会往虚拟互联网的方向发展，一些专家认为应该专门立法应对虚拟世界的不法行为，让虚拟世界有法可依。

人们在虚拟世界中的所作所为，如果放到真实世界的话，是否具有法律效力？大多数人的答案或许是“不具任何法律效力”。不过，随着网络社区中真实的金融交易越来越多，一些法律专家认为，是时候将实体法学引入虚拟领域了。

美国旧金山林登实验室开发的网络游戏《第二人生》，为该游戏的100万名活跃玩家提供了在个人计算机上体验另一种生活的平台。在游戏中，玩家使用被称为“虚拟化身”的数字人物，游走于城堡、荒岛或其他美妙的3D环境之中。通过他们的“虚拟化身”，玩家可以与成千上万名其他在线玩家会面、交谈，甚至可以在躺椅上亲热，发生虚拟性行为。

这种体验如此令人沉迷，以至于网络活动在真实世界中引发冲突的报道已多次见诸报端。2008年11月，一名妇女发现她丈夫的“虚拟化身”与其他女性有过分亲昵的行为，愤而提出离婚申请。（男方则反驳，自己之所以在虚拟世界中与他人发生不忠行为，完全是妻子沉迷于另一款名为《魔兽世界》的网络游戏所致。）美国罗格斯大学的法律教授格雷格·拉斯托夫卡（Greg Lastowka）正在写一本名为《虚拟法》的书，他认为，在以过失为归责原因的离婚法庭上，提出这样的诉求是完全合法的。不过他觉得，这跟那些有贼心没贼胆，只能愤愤不平地抱怨“我丈夫整天打高尔夫球，完全没时间陪我”的行为没什么两样。



每个星期20小时——这就是玩家在《第二人生》之类的虚拟社区中平均花费的时间。在虚拟社区中发生的冲突，可能引发各种法律问题。

不过，从每位玩家平均每星期要在这些虚拟环境中泡上大约20小时来看，玩家对这些虚拟事件的重视程度往往比立法者更甚。2005年，中国的一位游戏玩家邱诚伟在网络游戏《传奇3》中获得了一把宝剑，却被一位朋友借走不还，甚至在网上以7000多元人民币的价格出售。于是，邱诚伟向公安局报案，却被告知中国当时尚无保护虚拟财产的专门法律。最终，邱诚伟在现实世界中将这位借走宝剑的朋友杀死。对此，拉斯托夫卡评论说："如果有人因为一次虚拟犯罪而丢掉性命，另一个人因此在牢狱中度过余生，那么，我们是该认真对待这个问题了。"

保护"虚拟财产"的立法提案

2009年3月，全国人大代表王茜在全国人民代表大会上提议，应该尽早对网络游戏进行立法规范。她认为，《网络游戏产业法》首先要解决公民虚拟财产的保护问题。虚拟财产是狭义的数字化、非物化的财产形式，包括网络游戏、电子邮件等一系列信息类产品。她说："网络游戏中的虚拟财产应该是游戏者的劳动所得，应该得到保护。"



不过，那些发生在“虚拟化身”之间的、在真实世界中会被视为犯罪的行为，才是更难界定的。旧金山律师本杰明·迪朗斯克（Benjamin Duranske）介绍过一起“虚拟强奸”案，他是《第二人生》律师协会的创始人之一，该协会成员每月在《第二人生》中聚会一次。迪朗斯克在自己的博客里写道，比利时布鲁塞尔的一位检察官对一起涉及《第二人生》比利时玩家的“虚拟强奸”案进行调查，最后不了了之。原因正如迪朗斯克所说：“大多数禁止暴力行为的法律仅仅适用于真实个人，而不适用于虚拟角色。”

《网络游戏管理暂行办法》

《网络游戏管理暂行办法》于2010年8月1日起在我国正式实施。该《办法》系统地对网络游戏的娱乐内容、市场主体、经营活动、运营行为和法律责任进行明确规定。这是一部专门针对网络游戏进行管理和规范的部门规章，对中国网络游戏健康有序的发展具有重大且深远的影响。

与此案遥相呼应的是发生在很多年前的一起事件。朱利安·迪布尔（Julian Dibble）在1993年的《乡村之声》周刊上专门撰文介绍了这个事件。这件事发生在一个以文字为主的虚拟社区LamdaMOO，作案者是一名人称本格尔先生（Mr. Bungle）的黑客，他控制其他“虚拟化身”，

让他们在计算机屏幕上描述下流露骨的暴力行为。这篇报道促成了1994年在美国纽约大学召开的一场研讨会，主题就是讨论在互联网上实施自治管理的可能性，也就是说，虚拟社区可以限制或直接删除某些玩家的账户（本格尔先生的最终下场就是被删除账户）。

如今的虚拟社区都要求成员必须同意社区的服务条款才能注册，这样网络公司就有权采用各种手段，比如暂停账户，对虚拟社区中发生的各种争端进行裁决。不过，注册一个新账户，再创建另一个攻击角色，是一件非常简单的事情。正如拉斯托夫卡所说："虚拟世界不想监管用户，而只想获取利益而已。"（林登实验室就从玩家在《第二人生》游戏里进行的交易活动中分到了一部分利益。）他指出，在线虚拟社区中将永远不乏"恶意玩家"，他们在游戏中的新手村（即新人首次登录后在虚拟社区中所处的位置）伺机而动，等新来的"虚拟化身"一现身就把他们杀死，或者对那些还搞不清楚状况、不知道怎么按"拒绝"键的玩家角色进行性侵犯。

虚拟世界中犯罪案件日益增多，法院应当对此设立援引先例。韩国法院在处理涉及虚拟财产的案件时，就多次这么做过。相反，美国法院却一再逃避此类事件。网络社区涉及范围极广，因此建立一套专门法律很有必要。虚拟商业的年产值高达10亿美元，随着虚拟网络游戏玩家逐渐壮大，这个数字还将继续增长。拉斯托夫卡与迪朗斯克一致认为，我们的社会正在朝虚拟互联网的方向发展。用迪朗斯克的话说，这"将是我们相互之间交流方式的一场重大革命"。法律能否跟得上这场革命的前进脚步，仍然有待观察。



存在安全后门的芯片

撰文｜约翰·维拉赛诺（John Villasenor）
翻译｜阳曦

研究人员在一种微芯片中发现了危险漏洞，这提醒我们硬件安全不容小视。

英国的两位安全研究人员展示了他们的一篇论文，文中描述了他们在一种微芯片中发现了“首个物理意义上的后门”：该芯片存在漏洞，可以容许恶意侵入者监视或改变芯片上的信息。

剑桥大学的谢尔盖·斯科罗博加托夫（Sergei Skorobogatov）和伦敦库欧·瓦迪斯实验室的克里斯托弗·伍兹（Christopher Woods）指出，这一漏洞使黑客有机会改编内存里的数据，获取芯片内部的逻辑信息。

该芯片制造商美高森美公司的总部位于美国加利福尼亚州，该公司发表的声明称：“我们还不能确认或否认他们提出的问题。”





这个安全漏洞大受关注，因为它涉及的芯片ProASIC3　A3P250是一种基于现场可编程门阵列（FPGA）芯片。FPGA的用途非常广泛，从网络通信系统、金融市场到工业控制系统，再到很多军事系统里都有它的踪影。FPGA一般用于实现一套独特的、通常也是高度私有化的逻辑操作。未经授权就能访问FPGA的内部结构，任何这样的漏洞都会带来知识产权被侵害的风险。此外，芯片内的运算和数据也可能被恶意更改。

如果这两位研究人员的发现确实站得住脚，我们立刻就会联想到一个重大问题：这个漏洞最初是怎么出现在硬件中的？这个后门可能是恶意植入的，也可能完全出于疏忽。也许有人在设计中加入了这个后门来做一些测试，却没有意识到后来它会被发现并可能被恶意利用。

不管这个漏洞是怎么来的，它都敲响了硬件安全的警钟。迄今为止，我们发现的网络安全漏洞绝大多数是软件漏洞，软件可以替代、升级、更改，相比之下，硬件漏洞存在于芯片的物理电路中，除非把芯片整个换掉，否则很难处理。

未来肯定还会出现其他的硬件安全漏洞，我们应当未雨绸缪，最大限度地降低它们可能带来的风险。

黑客入侵车载计算机

撰文|拉里·格林迈耶（larry greenemeier）
翻译|郭凯声

车载计算机越来越高档，但它或许会使你的爱车面临更大的网络攻击风险。因此，加强车载网络的安全措施势在必行。

时时担忧黑客可能闯入笔记本计算机和移动电话已经够让人闹心了，更糟的是，很快你的爱车也可能成为黑客觊觎的目标。汽车通过计算机彼此互连，形成一个复杂网络，并接入互联网。2011年早些时候，一个研究团队证明，神通广大的黑客或许可以用手机打开汽车门锁，并发动引擎，驾车扬长而去。美国加利福尼亚大学圣迭戈分校的计算机科学教授斯蒂芬·萨维奇（Stefan Savage）以及华盛顿大学的大仓河野在2011年3月向美国科学院的一个委员会介绍了他们的研究工作。他们通过蓝牙功能使手机和一辆汽车（具体型号未公开）连接，并将一款恶意软件植入汽车的计算机系统中，然后利用这个恶意软件来接管汽车的计算机系统，包括汽车发动机。德国弗劳恩霍费尔安全信息技术研究所的奥拉夫·亨尼格尔（Olaf Henniger）指出，这项研究“说明加强车载网络的安全措施势在必行”。



作为EVITA项目（由宝马、富士通及其他企业赞助，于2008年启动的一个研发计划，旨在制定汽车生产厂商打造更安全的车载网络时所依据的安全性行动计划）的成员，亨尼格尔和同事正在努力开发安全的车载网络。他们已经开发出一套数据加密验证原型系统，可以用于车辆间或者车内的数据交换，以及汽车与道路上其他设备间的数据交换。

美国乔治·梅森大学安全信息系统中心的阿努普·高希（Anup

Ghosh）认为，人们还不清楚汽车厂商是否愿意花更多的钱来提升汽车电子网络系统的安全性。许多厂商宣称，他们生产的汽车已经很安全了。福特汽车公司信息技术、安全性及战略政策主任里奇·斯特拉德（Rich Strader）说："每一辆福特汽车都安装有内置的防火墙，用以保护车上的SYNC系统免遭黑客攻击，并将汽车控制系统与信息娱乐网分隔开来。"通用汽车公司则表示，他们的车载移动应用程序从来不与汽车直接通信，而是与要求验证身份的OnStar网连接。

这项研究并不意味着汽车会突然沦为网络攻击的牺牲品。萨维奇、大仓河野和他们的同事仅是在报告他们若干年来的实验成果。不过，看起来网络黑客与安全专家们又找到一片新的战场，来继续他们之间永无休止的斗法了。



监控身份安全

撰文 | 马克·菲谢蒂（Mark Fischetti）
翻译 | 马津

身份盗窃正在变成有组织犯罪，一项被称为身份评分的先进技术将监控网络上的此类可疑犯罪行为，确保用户身份安全。

身份数据失窃案在世界各地层出不穷，在线业务服务商纷纷奋起反击。他们采用的先进技术被统称为身份评分。这项技术远远超过了常规的信用监控技术，囊括了联机数据挖掘和模式识别，甚至还有网页注册用户信息的语义分析等方法。在揭露网络可疑的行迹方面，这些方法取得了越来越大的成功。

位于英国里士满的新兴公司Garlik也投入到了这场战斗。2006年10月，这家公司开创“数据巡逻”业务之先河，服务对象为英国公民。仅在2006年，英国就有10万人成为身份失窃案的受害者。Garlik公司会在信用报告、公共数据库和网站中搜索整理与客户有关的信息，向他们提供一份详尽的评估报告。有了这份报告，客户就可以清楚地了解是否有窃贼试图用他们的个人资料申请信用卡、申领贷款、注册驾驶证或登记结婚等。这项服务的年费为30英镑。Garlik公司在网站上开始提供这项服务的短短4天之内，登记注册的英国人便超过了1万。

选择不被检索

英国伦敦国际隐私组织董事西蒙·戴维斯（Simon Davies）说：“MySapce之类的社交网站和谷歌之类的搜索引擎都意识到了身份盗窃问题，但它们都没有提供软件来保护用户向网站发送的信息。”只有一个网站例外——一个关于同性恋生活的网站提供了“屏蔽干扰加密”工具。

戴维斯指出，作为一种对抗身份窃贼的手段，网络公司应该签署一项共用机制，允许用户作出选择，保护他们的信息不被检索。不过他怀疑，网络公司不会自愿提供这项服务，因此必须立法强制执行。



在美国，弗吉尼亚州阿林顿市的一个网络公司为客户搜集一份公共身份评估报告，收费为79.95美元；如果另外再按月交付4.95美元的话，一旦客户资料出现可疑的变更，公司将及时提醒。到2007年，这家公司已经为10万名客户提供了这种服务。

Garlik公司首席执行官汤姆·伊卢布（Tom Ilube）介绍说，自从该公司提供“数据巡逻”服务以来，申请该项业务的人数一直以5倍于预期的速度持续增长。近年来，越来越多的个人信息被公布到网上，美国政府机构也开放了越来越多的数据库，包括出生证、结婚证、死亡证明、信用记录、选举登记和房产契约在内的多种数据资料，人们都可以在网上进行查询。这为身份窃贼打开了方便之门，使得身份欺诈案件的数量与日俱增。



Garlik公司曾经暗访过一些窃贼，他们声称：窃取一个身份并建立一份可信的虚假档案所需的时间，已经从以前的两三个星期缩短到现在的两三个小时。伊卢布介绍说，窃贼之间的合作也越来越密切，“身份盗窃正在变成有组织的犯罪”。

虽然身份评分技术与信用管理局监控着同样的财务明细数据，但这套技术的真正实力在于，它能对一些重要数据（例如社会安全号码和出生日期等）的网络来源进行细致的筛查。阿维瓦·利坦（Avivah Litan）是美国康涅狄格州斯坦福市高德纳集团公司的技术分析师，她说：“身份评分技术可以告诉你，是否有人正在用你的名字从事犯罪活动，而这是信用管理局无法告诉你的。”2006年，购买信用监控服务的美国人多达2400万。

不过，利坦提醒说：“身份评分技术无法告诉你，是否有骗子盗用了你的网上证券交易账户，因为证券公司通常不会公开账户信息；它也无法告诉你是否有窃贼把你的身份资料倒卖给了非法移民，因为这些人不太可能出现在公共数据库中；当然，身份评分技术也无法帮你追回身份被盗所带来的损失。”



在追踪客户资料的细微异动方面，Garlik公司也居于领先地位。除了数据获取软件和模式识别软件以外，Garlik公司还借助语义技术分析客户的网络活动。该公司已经开发了一套“本体参考软件”，它能通过RDF架构搜索网页数据，寻找可能与Garlik公司客户资料有关的信息。这套软件还会根据数据的相关性，为不同的资料来源评定等级，以此作出判断：真正的乔·史密斯（Joe Smith）效力于Widget公司，而不是Sprocket公司；生活在美国俄勒冈州的波特兰市，而不是缅因州的波特兰市。

伊卢布说：“语义中蕴含着的大量信息，将帮助语义分析技术在身份评分中发挥越来越大的作用，全面理解各类数据之间的联系。”

RDF

RDF是资源描述框架的缩写，它是一种用于表达万维网上资源信息的语言。它专门用于表达关于网络资源的元数据，比如网络页面的标题、作者和修改时间，网络文档的版权和许可信息，某个共享资源的可用计划表等。

用户评价靠谱吗

撰文 | 迈克尔·莫耶（Michael Moyer）
翻译 | 王栋

用户评价长期以来被看作是最真实、最准确的数据，然而网上评价的可信度引起了新的关注。经过审视，我们发现网上评价系统并不一定靠谱。

亚马逊、猫途鹰和Yelp这样的网站，长期以来都靠顾客评价图书、旅店和餐馆。这种做法的背后，是一种被称为众包的营销哲学。这种哲学认为，来源于各个阶层的大量人群的意见集合，会提供最真实、最精确的评价。然而，仔细审视一下就会发现，这样的公众意见可能既不准确，也不一定真正来自公众。通过这种途径得到的评价，最好的结果是不够精确，最坏的结果则是完全虚假。



用户投票评价制度很容易受到操纵。

根据美国宾夕法尼亚大学沃顿商学院运营与系统管理教授埃里克·克莱蒙斯（Eric K. Clemons）的说法，网上评价系统存在很多与生俱来的偏颇。第一条很明显却往往被人忽略：对一件商品进行评价的，都是那些已经选购了这件商品的人。因此，他们自然倾向于喜欢这件商品。克莱蒙斯举例说："我刚好喜欢拉里·尼文（Larry Niven）的小说，所以每当他有新小说出版，我就会买一本。其他的书迷也是这样，所以一开始小说的评价都非常高——五星。"如此高的评价足以吸引那些从来不喜欢科幻小说的读者购买此书。如果他们在读过之后发现不喜欢这本书，由此产生的厌恶感会带来大量的一星评价，导致对总评价的过度修正。

以上缺点还暴露出了另一种更有害的偏颇：人们往往不会评价那些他们觉得不好也不坏的产品。他们赞美喜欢的商品，而把不喜欢的贬为垃圾。这样的心理导致对同一产品有许多一星和五星评价。

然而，对这些看似具有两极分化评价的商品进行的一项线下对照调查表明，人们的真实意见分布符合一个钟形曲线——评价集中在三星或四星，二星很少，而一星和五星几乎没有。由用户自行决定是否参与评价的网上评价系统，产生了一个并不真实的评价断层，就像在当代政治中，只有那些最偏激、最吵闹的声音才会引发关注。

这种自行决定是否参与的机制，还以其他方式显示出了它的影响。2009年，在一项针对亚马逊网站内超过两万件商品进行的研究中，葡萄牙马德拉大学的计算机科学家瓦西利斯·科斯塔科斯（Vassilis Kostakos）发现，绝大部分的商品评价都来自于很少一部分用户。这些超级评论员往往都被授予顶级评论员徽章，网站还会对他们进行排名以鼓励他们参与评价。在这样的激励下，每一位超级评论员都发表了数以千计的评价，最终淹没了为数更多的普通用户的意见（在亚马逊网站上发表过评价的用户中，有95%只评价了不到8件商品）。科斯塔科斯评论道："我们并不是在说，这些人在评价方面做得好不好，我们只是说，他们做得太多了。"看起来，明智的公众意见其实已被少数积极分子垄断。

不过，超级评论员的存在有一个不容置疑的优点：他们很少当"托儿"。与商品直接相关的人（比方说这本书的作者）对评价网站的蓄意操控，才是网上评价系统中最久远和最难解决的问题之一。

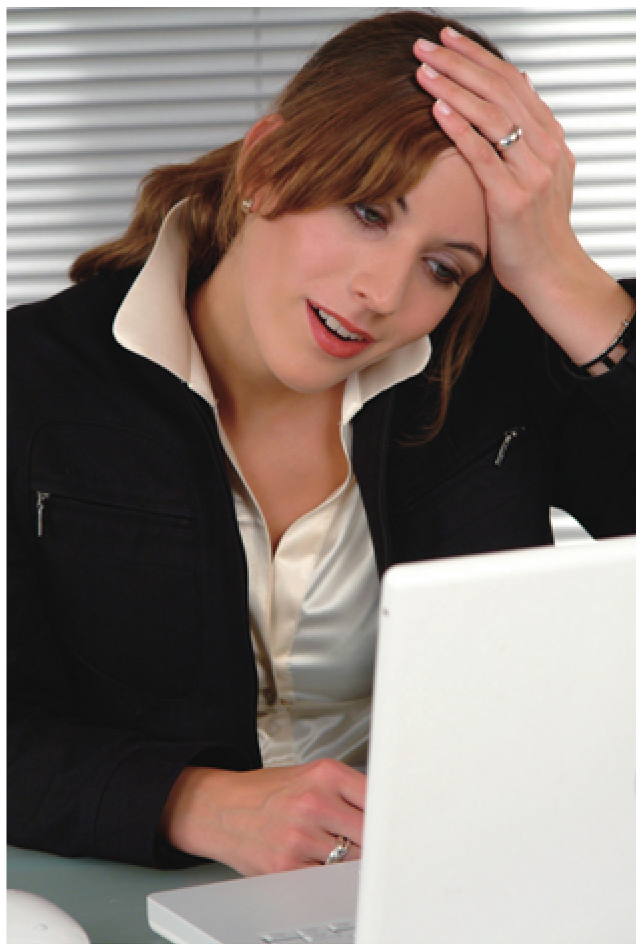
一些网站试图用自动过滤软件来删除可疑的评价，这种软件能搜索评价中过度褒扬或贬低的词句，尤其是那些自我介绍很简短的人所发表

的评价。但是，这种方法缺乏透明度，会滋生不信任，或者使情况更糟。

让我们看看网站Yelp的案例，该网站就对可疑的评价进行屏蔽。Yelp首席执行官和合伙创立人杰里米·斯托普尔曼（Jeremy Stoppelman）在为Yelp的过滤措施辩护时指出，一些商业公司甚至发布广告，承诺为正面评价给予资金奖励。然而，一些商业公司认为，这种过滤措施背后隐藏着更罪恶的目的。2010年上半年，地方企业家联盟起诉了Yelp，控告该公司实际上在施行一种“数字欺诈”。这项诉讼声称，Yelp的销售代表会打电话给商业公司，提出一个简单的条件：“在我们这儿做广告，我们就让那些负面评价消失。”



Yelp公司极力否认这一指控，并且声明所有的删除都是自动进行的，是一视同仁的。不过，Yelp仍然拒绝透露过滤软件具体如何运行，以免不道德的用户利用这些信息绕开过滤软件。透明度的缺乏，让人感觉Yelp自己或许就在操控用户评价。



但是，评价系统并不是无法改进的。克莱蒙斯提到了RateBeer.com这个网站，它吸引了约3000名会员，每名会员都评价了至少100种啤酒；除了那些最罕见的啤酒，所有牌子和种类的啤酒都有成百上千条评价。如此巨大的数据量实际上杜绝了评价被操控的可能，并且该网站的热心用户们还倾向于评价他们品尝过的所有啤酒，而不是仅仅评价那些他们喜欢或者讨厌的啤酒。

当然，与评价100种啤酒相比，评价同样数量的餐馆和旅店会更难（花费也更多）。除非其他网站能够积累同样数量的有效数据，一句老话或许仍是给消费者的最佳建议：购物时要小心！

给数据中心降温

撰文|拉里·格林迈耶（Larry Greenemeier）
翻译|王栋

对数据中心来说，互联网简直太“热”了。

虽然同飞机和汽车相比，互联网消耗的化石燃料要少得多，但随着由苹果公司、奈飞公司和其他一些公司提供的“云服务”增多，数据中心开始朝着更高的处理速度和更大的存储容量前进。

这些容量和速度的提升是有代价的：数据中心的运行会产生大量的热，必须由高耗能的风冷或液冷设备来导走，才不会让这些互联网的“引擎”烧毁自己。

意大利卡塔尼亚大学的计算机科学家及电气工程师迭戈·雷福尔贾托·雷库佩罗（Diego Reforgiato Recupero）认为，科学家在遏制这种能量消耗方面所做的工作并不够。在2013年3月29日出版的《科学》杂志上，雷库佩罗提出，互联网流量每3年就会翻一番，但网络耗能效率却没有得到同样的提升。



为了不让数据中心成为耗能大户，排放更多温室气体到大气中，我们需要找到新的解决办法。雷库佩罗特别提到了两种硬件管理技术：一种是“智能待机”，可以将计算机服务器和网络设备中未被使用的部分置入功率极低的状态；另一种是被称为“动态频率调整”的技术，在网络流量较低时，允许数据中心的处理单元在百忙之中喘口气。

数据中心

维基百科给出的数据中心定义是“数据中心是一整套复杂的设施，不仅仅包括计算机系统和其他与之配套的设备（例如通信和存储系统），还包含冗余的数据通信连接设备、环境控制设备、监控设备以及各种安全装置”。谷歌将数据中心解释为“多功能的建筑物，能容纳多个服务器以及通信设备。这些设备被放置在一起是因为它们具有相同的对环境的要求以及物理安全上的需求，并且这样放置便于维护”，而“并不仅仅是一些服务器的集合”。

黑客工具隐匿手机数据

撰文|杰西·埃姆斯帕克（Jesse Emspak）
翻译|郭凯声

一种黑客工具可以修改智能手机的操作系统，从而让手机显示虚假信息，隐藏真实的数据。

警察没收了一名贩毒嫌犯的手机，但通话记录却显示，嫌犯只与母亲通过电话，未与其他任何人打过电话。与此同时，机场保安检查了一位记者的手机，但当保安想看看手机上是否有不适合曝光的东西时，却发现记者一直在海滩消磨时光。于是毒贩和记者得以安然脱身。几分钟之后，那些警方一直在寻找的姓名、号码及GPS数据等，才又重新在毒贩和记者的手机里现身。

一项新的编程技巧将有可能使上述场景成真。计算机科学家卡尔-约翰·卡尔松（Karl-Johan Karlsson）专门设置了一部手机，让它去忽悠别人。他改动了一部安卓版智能手机的操作系统后，便将一些虚假数据（比如单纯的数字）输入手机，使真正的数据逃脱“法眼”。2014年1月，他在夏威夷国际系统科学大会上介绍了自己的黑客招数。



卡尔松用警方通用的两种取证工具测试了他的黑客招数。正常情况下，这两种工具能查出手机的通话记录、地点数据，乃至密码等。但在他运行那个被他篡改了的系统后，这些工具查到的只有他设置进手机中的虚假信息，真实的信息早已“遁形”。

不过，卡尔松坦言，虽然他的黑客招数曾经得手，但在美国联邦调查局或美国国家安全局的高超分析手段面前，也只能“原形毕露”。虽然如此，这种黑客招数还是能给某些刑事案件的审判造成麻烦。因为手机里存在两种互相矛盾的数据，会让案情变得扑朔迷离。

计算机安全专家米科·许珀宁（Mikko Hypponen）认为，卡尔松的黑客招数，意味着间谍、执法部门及用户之间的装备暗战进入了一个新

阶段。

话题六　走进智能网络世界



科学技术是人类战胜自然、改造自然的武器，是推动社会生产力发展的重要力量。科技的每一次发展都是人类文明史上的飞跃，都是人类征服自然、征服自身的壮举。**21**世纪，信息技术全面爆发，互联网已成为人们生产生活的组成部分。接下来，互联网会带给我们什么？让我们拭目以待。

打造围棋“深蓝”

撰文|卡伦·弗兰克尔（Karlen A. Frankel）
翻译|陈家乾

在围棋领域，一直以来人类都能轻松击败计算机。但一种新的围棋算法将挑战人类智力，威胁人类在围棋领域的统治地位。

IBM研制的超级计算机“深蓝”在6局比赛中击败了国际象棋世界冠军加里·卡斯帕罗夫（Garry Kasparov）。这个里程碑式的事件终结了人类又一个在智力策略游戏上的统治地位。只有亚洲的围棋仿佛是计算机科学的“阿喀琉斯之踵”（一般指致命的弱点）——人类总是能够轻松击败计算机。但一种新的围棋算法，却能战胜高水平的棋手。

围棋的复杂度高，且极具欺骗性，对计算机程序提出了巨大的挑战。围棋的棋盘由两组数量相同、互相正交的平行线构成，分为9线小棋盘与19线大棋盘两种。对弈双方分执黑白两色棋子。通过在棋盘的交叉点上落子，棋手要尽可能扩张自己的领地并包围对方棋子。在大棋盘的对弈中，每一步可采取的策略数量都非常巨大。对局中期，平均每一步能采取200种不同的策略，相比而言，国际象棋中每一步数十种的可选策略就显得微不足道了。此外，还要考虑数量众多的后续策略。由于棋盘上每个位置都对应着三种状态：黑子占据、白子占据和空位，N个位置便可构成3N种不同的状态。如果考虑规则约束，小棋盘大约有1038种不同的状态，大棋盘的状态数量则达到了惊人的10,170种。其他一些因素也会影响比赛胜负：棋盘上棋子的数量优势并不能确保胜利，棋手必须在考虑局部形式的同时兼顾全局。

超级计算机“深蓝”

1997年5月11日，国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫在与一台名叫“深蓝”的IBM超级计算机经过6局比赛后，最终拱手称臣。“深蓝”是一台IBM RS/6000 SP 32节点的计算机，运行着当时最优秀的商业UNIX操作系统。它的设计思想着重于发挥大规模的并行计算技术。因此，它拥有超人的计算能力，每秒可检查超过2亿个棋步。



为了处理如此众多的可能情况，人工智能专家已经设计出一些算法，来限制搜索的范围，但这些算法都无法在大棋盘的比赛中战胜实力稍强的人类棋手。2006年秋季，两位匈牙利研究人员报告了一种新算法，它的胜率比当时最佳算法提高了5%，能够在小棋盘的比赛中与人类职业棋手抗衡。这种被称为UCT的算法，是匈牙利国家科学院计算机与自动化研究所（位于布达佩斯）的列文特·科奇斯（Levente Kocsis）与加拿大艾伯塔大学（位于埃德蒙顿）的乔鲍·塞派什瓦里（Csaba Szepesvári）合作提出的，是著名的蒙特卡罗方法的扩展应用。

20世纪70年代，蒙特卡罗方法首次运用于围棋程序，这种方法的作用类似于选举投票：用统计采样的方式，预测大规模群体的表现与特质。围棋程序会随机出招，模拟大量的比赛，对候选走法加以评估并排序。然而，每一步都采用评估值最高的走法，并不能保证获得比赛的胜利。相反，这种方法仅仅是限制了搜索的范围。



进军围棋：人类仍然统治着围棋领域，但一种新的算法已经能够击败实力强劲的人类棋手。

UCT扩展了蒙特卡罗方法，集中关注那些最有希望赢得比赛的走法。科奇斯说：“UCT的主要思想是对走法进行选择性采样。”他解释说，这种算法必须达到一种平衡，既要尝试当前的最佳走法，发现其中可能隐藏的昏招，还要搜索“当前并非最佳的走法，以确保不会因为先前的估计错误而错失妙招”。

UCT为每一种走法计算一个索引值，然后按照索引值最高的走法出招。索引值由采用该走法后最终取胜的概率（即胜率）决定，该走法被

计算却未被采用的次数也对索引值有一定的影响。UCT会在内存中维护一棵“决策树”，用来记录每一种走法的统计数据。如果遇到一种先前从未计算过的走法，算法就会将它纳入决策树，并随机出招完成余下的比赛。

判定随机比赛的胜负后，UCT就会更新比赛中采用过的所有走法的统计数据。如果该走法的索引值等于它的胜率，算法就能快速选定这招最有希望获胜的策略。即使开局时走出妙招，也仍然无法确保比赛的最终胜利。所以在选择走法时，UCT会增大计算次数少的候选走法的权值，以使胜率的总体分布趋向平衡。

法国南巴黎大学的数学家西尔万·热利（Sylvain Gelly）与巴黎技术学校的王一早（Yizao Wang，音译）将UCT集成到一个他们称之为MoGo的程序中。该程序的胜率竟然比先前最先进的蒙特卡罗扩展算法几乎高出了一倍。2007年春季，MoGo在小棋盘的比赛中击败了实力强劲的业余棋手，在大棋盘比赛中也击败了实力稍弱的职业棋手，充分展示了能力。热利认为UCT易于实现，并有进一步完善的空间。那时，科奇斯就预言，10年以后，计算机就能攻克最后的壁垒，终结人类职业棋手对围棋的统治。



阿尔法围棋

阿尔法围棋（AlphaGo）是第一个击败人类职业围棋选手、第一个战胜围棋世界冠军的人工智能机器人，由谷歌旗下DeepMind公司的团队开发。其

主要工作原理是“深度学习”。2016年3月，阿尔法围棋与围棋世界冠军、职业九段棋手李世石进行围棋人机大战，以4比1的总比分获胜；2017年5月，在中国乌镇围棋峰会上，它与排名世界第一的世界围棋冠军柯洁对战，以3比0的总比分获胜。

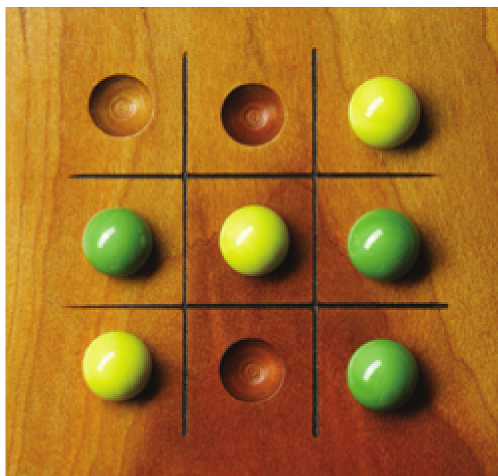
博客搞定数学难题

撰文|达维德·卡斯泰尔韦基（Davide Castelvecchi）
翻译|庞玮

依靠网络进行科学合作如今已很常见，有数学家提出依靠博客评论的方式实现大众科学家集体合作，这种协作方式为数学指出了一条新的、更快的研究之道。

20世纪中叶，法国数学家尼古拉·布尔巴基（Nicolas Bourbaki）所著的百科全书式专著，追溯了每一个数学概念的基础，将所有分支的源头都归结到集合论，也就是维恩图之类的东西，由此改变了这一领域的面貌。和他提出的许多概念一样，布尔巴基本人也只存在于抽象之中——他并不是一个真实存在的人，而是一群联系密切的年轻法国数学家给自己起的集体代号。如今，“博学家”堪称互联网时代的布尔巴基：他也是一个集体代号，而且或许能创造出一种新的数学研究形式。

“博学家”诞生于英国剑桥大学数学教授蒂莫西·高尔斯（Timothy Gowers）的博客，这位博主曾经获得过数学界的最高荣誉——菲尔兹奖。在2009年1月发布的一篇博文中，高尔斯提出了这样的问题：网络上的自发合作能否破解数学难题？这一合作能否开诚布公，将解题的创造性过程展示给全世界？虽然基于网络的科学合作甚至“众包”（指依靠网络集体协作来完成某项任务，比如国内的众多“字幕组”），如今已司空见惯，但高尔斯提出的协作有所不同。他指出，在通常的网络合作中，每位科学家都各自承担一个大项目下的一小块研究任务。有些情况下，鸟类爱好者或业余天文学家这样的大众科学家集体协作，也可以做出重要贡献。但是，高尔斯问道：“如果要解决的问题无法分拆成众多子任务，那又该怎么办？”这样的问题能不能依靠他博客的读者通过回帖的方式来解决呢？



为了对这种方法进行首次尝试，高尔斯选择了所谓的“密度黑尔斯-朱伊特定理”。高尔斯说，这个问题有些类似于“下一种单人井字棋，但目的是要输”。这个定理声称，如果你的井字棋棋盘是多维的，而且维数足够大，下不了几步你就会发现，棋子会不可避免地排成一条线——无论你如何努力，都没办法输掉这场游戏。从1991年起，数学家就知道这个定理是正确的，但现有的证明使用了很多来自其他数学分支的复杂技巧。高尔斯向他的博客读者提出挑战，希望他们能帮助自己找到一个更基本、更简捷的证明——这种化繁为简的工作通常都被认为是极端困难的。

计划进行的速度远远超出了高尔斯的预期。不到6个星期，他就宣布证明已毕。把证明写成一篇正规论文的时间甚至比证明本身更花时间。原因有点特殊，因为具体证明过程分散在数百个回帖之中。2009年10月，这群证明者在网络预印本文库arxiv.org上发表了最终论文，署名为“博学家”。

不过另一方面，这一计划也有点令人失望，因为绝大多数贡献都是由区区6个人做出的——他们全都是职业数学家，而且是这一领域的“常客”。其中有一位也频繁更新博客，而且也是菲尔兹奖得主，他就是美国加利福尼亚大学洛杉矶分校的陶哲轩（Terence Tao）。

高尔斯认为，将人才汇聚起来自有它的好处。在尝试解决某个问题时，数学家常常会做很多无用功，一行行进行推导，几个星期甚至几个月后才发现走进了“死胡同”。而且很多时候，某位专家看来很有道理的推理过程，在另一个专家看来明显就是竹篮打水。所以当所有尝试都暴

露在公众的反馈之中时，解决问题的过程会快很多。

陶哲轩形容这种体会虽然“无序”但充满乐趣，而且“比传统的研究方式更让人痴迷”。高尔斯此后又启动了几项网络协作计划，陶哲轩也发起了自己的协作项目。现在，非专业人士也参与了进来，用高尔斯的话来说，他们以“实际有效”的方式做出了贡献。这些高端爱好者包括一位教师、一位神父，还有一个现在从事计算工作的数学博士。不过这种协作方式究竟能获得多大范围的认可还不清楚。陶哲轩说，有些难题也许适合用这种途径来解决，比如在不对所有可能的走法进行“暴力运算”的基础上开发一种全新的国际象棋算法。那些著名的数学猜想可能不在此列，因为那些问题大多历史悠久，数学家早就对所有的死胡同都了如指掌了。

美国加利福尼亚大学圣迭戈分校的认知科学家拉斐尔·努涅斯（Rafael Núnez）对人在钻研数学时的心智过程及社交过程进行过研究。他指出，解决问题只不过是另一种人类活动。数学家站在一块黑板前一起工作时，相互之间会通过语音和肢体语言进行微妙的交流，网络协作则丧失了所有这些细节。但正如人类已经学会如何在一个联成一体的世界中进行其他工作一样，数学家也会适应这种新的媒介。努涅斯提醒说：“不仅是数学，我们在网络上所做的任何事情都不同于以往。”



抛开这些不谈，这一计划本身所具有的开放性或许是它最重要的特征。正如高尔斯在博客中所写，“博学家”可能是“人类如何解决一个严肃

的（数学）研究问题的第一份完整记录，包括了所有的错误开局、死胡同及诸如此类的东西”，或者，用陶哲轩的话来说，这个计划的价值在于，它是“一个范本，展示了‘腊肠’是如何被制作出来的”。

微博的搜索利器

撰文|弗朗西·迪普（Francie Diep）
翻译|王栋

研究人员需要通过自动化程度更高的途径完成搜索工作。科学家研发出一种智能程度更高的语言处理器，它能帮助科学家从数百万条信息中识别出有用信息。

自从2006年推特（一家美国社交网络网站）面世以来，研究人员就一直在研究它，以期更深入地了解人类社会。总的来说，它提供了一个巨型数据库，囊括了人们的所做、所想、所感。但是，科学家手头现有的研究工具却很不完美。例如它的关键词搜索功能，虽能返回很多结果，却无法给出明确的总体趋势。

当美国科罗拉多大学博尔德分校的计算机科学家詹姆斯·马丁（James H. Martin）在推特上搜索关于2010年海地地震的相关内容时，他找到了1400万条相关信息。“你总不可能让研究生们把它们挨个读个遍吧。”他说。研究人员需要找到自动化程度更高的途径来完成这项工作。

一个很有前景的方法是，研发一种能够对推特上的句子成分（例如主语、谓语和宾语）进行标记的程序，然后利用这些标签来确定每条推特的内容是关于什么的。这种被称为“自然语言处理”的方法并不是什么新主意，但在社交短信上的应用却刚刚兴起。“它现在拥有广阔的应用领域。”马丁说。

施乐公司帕洛阿尔托研究中心的科学家研发出了一种这样的程序，该程序利用的是名为“分析器”的语言处理器，该处理器通常用于测试新发表的文章。“分析器”能够区分词语和标点，标记句子成分和分析句子的语法结构。但是，“它们在微博上的应用效果不佳”，帕洛阿尔托研究中心的研究员凯尔·登特（Kyle Dent）说。他和同事编写了数百条规则，来辨识推特上的“#”标签、重复字母（例如“pleaaaaaase”）和其他一些或许在《华尔街日报》上看不到的那些语言特征。2011年8月8日，他们在美国人工智能促进协会会议上展示了这项研究。

登特和同事还想利用他们的程序来区分反问句和疑问句。利用该程序，商家可以及时了解人们对产品的问题反馈。在最近进行的一项测试中，他们的程序准确识别出了2304条微博中68%的内容。“对于这样一个全新领域，首次尝试就取得这样的成绩已经很不错了。”美国空间和海上作战司令部的杰弗里·埃伦（Jeffrey Ellen）评论道，他效力的单位主要为美国海军提供情报技术。

“虽然微博搜索技术还未成熟到可以投入应用，但作为一个领域，它很快就会发展到那个程度。”马丁说。一旦该技术成熟，研究人员就如同拥有了一座前所未有的、关于人类行为的数据宝藏。“小道八卦”被记录下来，还可以随时查询，这是有史以来的第一次。埃伦说：“一百年前，我们根本无法知道所有人的想法。”





Follow Me











+ ADD TO FRIENDS

SUBSCRIBE RSS

RSS FEED

SUBSCRIBE



下一代网络：每秒千兆

撰文|拉里·格林迈耶（Larry Greenemeier）
翻译|王栋

美国的学术界需要更快的网速，为此美国29所大学试图建立下一代高速网络，网速达到每秒千兆。

在一项网速排名中，美国落在了许多国家的后面。一家网络分析公司——阿卡迈科技公司将美国列在了第14位，远远落后于冠军韩国，同样也输给了日本和罗马尼亚等地区和国家。对于提升网络速度，一个关键问题是：谁将为此埋单？通信公司对这类基础设施的建设往往谨慎，除非他们确信用户产生了对更高速度的需求。而对美国用户来说，他们使用互联网，主要是为了查看邮件和使用社交网络。对于这些用途，当前的宽带网速已经足够，通信公司自然不愿意花费额外成本来提高网速。

当然也有例外，那是在学术领域，因为大学和研究所总是希望网速更快。“我们觉得，如果没有千兆网速的支持，我们的研究人员就会落后。”美国联邦通信委员会的前政策顾问埃莉斯·科恩（Elise Kohn）说。科恩同曾参与制定美国联邦通信委员会“国家宽带计划”（即一项由美国国会授权的、旨在为所有美国人提供宽带接入的计划）的布莱尔·莱文（Blair Levin）一起，领导了一个试验性项目，试图建立一个网速高达每秒千兆的互联网连接网络。该项目由美国29所大学，比如杜克大学、芝加哥大学、华盛顿大学和亚利桑那州立大学等共同发起。这个项目叫作Gig.U。



美国2011年的平均网速是每秒5.3兆，而Gig.U项目的网速要快出很多倍：用户能在不到一分钟的时间里下载相当于两部高清电影的数据量，并能流畅地在线观看视频，而不会感觉存在“马赛克”现象或其他干扰。韩国2011年的平均网速是每秒14.4兆，而且他们还宣称，未来要让每一个家庭都拥有每秒千兆的互联网连接。

美国的千兆互联网将随着地域的变化而有所不同，这取决于不同网络服务商为满足Gig.U用户的不同需求而提供的接入方式。“有的人可能需要千兆以上的网速，有的则不需要那么快。”科恩说。在Gig.U的意见征集期，当地网络服务提供商会被征集升级至高速网络的设想和建议。最终，Gig.U成员和那些对该项目感兴趣的非营利及私营公司会提供资金支持，来实现这些设想。Gig. U打算鼓励研究人员（如学生和教授等）开发新应用和新服务，使这种具有超快数据传输速率的互联网得到充分利用，以加速美国部署下一代网络的进程。



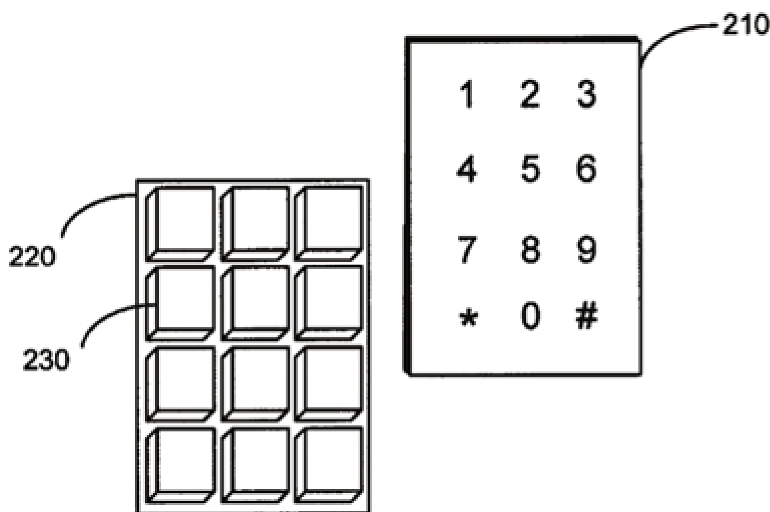
计算机触觉界面

撰文|亚当·皮奥里（Adam Piore）
翻译|冯泽君

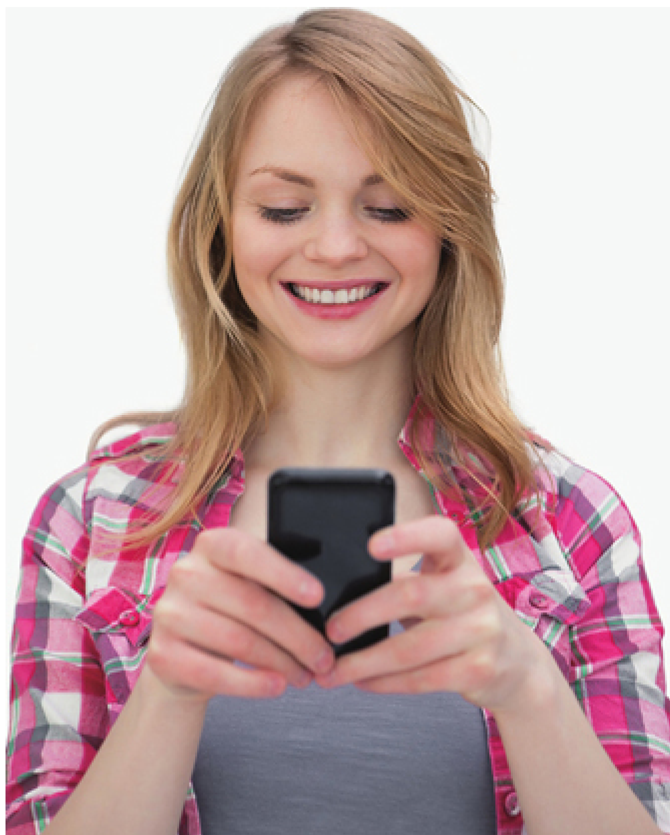
未来的手机屏幕不仅能给我们带来视觉的享受，也能给我们带来触觉的体验。

只要敲敲屏幕，就能在智能手机上拨电话或是调节歌曲音量。这固然很棒，但也不免单调——不管你敲哪里都是一个感觉，不会有任何触觉反馈。难道你不想来点更棒的体验？

美国威瑞森电信公司的一项概念界面很可能革新智能手机，带来全新的体验。这项技术通过屏幕下方的一种机械设备使局部屏幕凸起，凸起部分的形状与该处屏幕所显示的图形一致。想往家打电话？屏幕上就会升起拨号键。想跳到下一首歌？屏幕上就会凸显暂停和快进键。这些凸出部分不仅能提供更多触感，还能有效区分各个指令，减少错误操作。乔治·希加（George Higa）是威瑞森电信公司的用户界面设计师，也是这项专利的持有者，他说："你将会感觉到屏幕上凸出了一块很精巧的区域。"这项专利并没有规定威瑞森电信公司采用哪种技术来使屏幕凸出，希加说："技术发展太快，可能有多种技术都能实现该功能。"



研究表明，触觉反馈可以通过探针阵列、喷气或电流来实现。美国约翰斯·霍普金斯大学的机械工程教授艾利森·奥卡穆拉（Allison M. Okamura）说：“触觉反馈（基于触感的反馈）是计算机界面的未来。”但是，要在小型掌上设备上实现触觉反馈还有一定的难度。美国西北大学的科学家研发出一台名为TPaD的设备，可以用超声速振动屏幕，使相应部分变得“很柔滑”，操作者可以在屏幕的不同部分调节柔滑度。但据奥卡穆拉所知，这种设备最小也有15厘米高，5厘米厚。奥卡穆拉说：“威瑞森电信公司描述的设备很棒，但我还不知道怎么在手机上实现。”



光芯片打造未来网络

撰文|褚波

人们对网络带宽的需求与日俱增，而光芯片或将是唯一能始终满足这种需求的传输介质。

目前，企业和个人对网络极度依赖，他们在创造了大量数据的同时，对更新、更好的应用和服务的需求也在与日俱增，因此，寻找一种能快速传递大量信息的传输方式迫在眉睫。正是这种需求，推动了光通信的进步。

在传输数据时，光网络是利用光脉冲来加速数据流，而不是通过导线发送电子，因此可以大大加快数据传输速度。为了实现这种通信方式，科学家一直希望找到一种方法，可以将光信号和低成本、大批量的芯片制造技术结合起来，以生产低成本的光芯片。

在此背景下，IBM的科学家研制出了一种原型光芯片“Holey Optochip”，这是世界首个并行光收发模块，每秒可以传输1Tb的数据——相当于每秒可以下载500部高清电影，或者让十万人同时享受10Mb宽带上网。

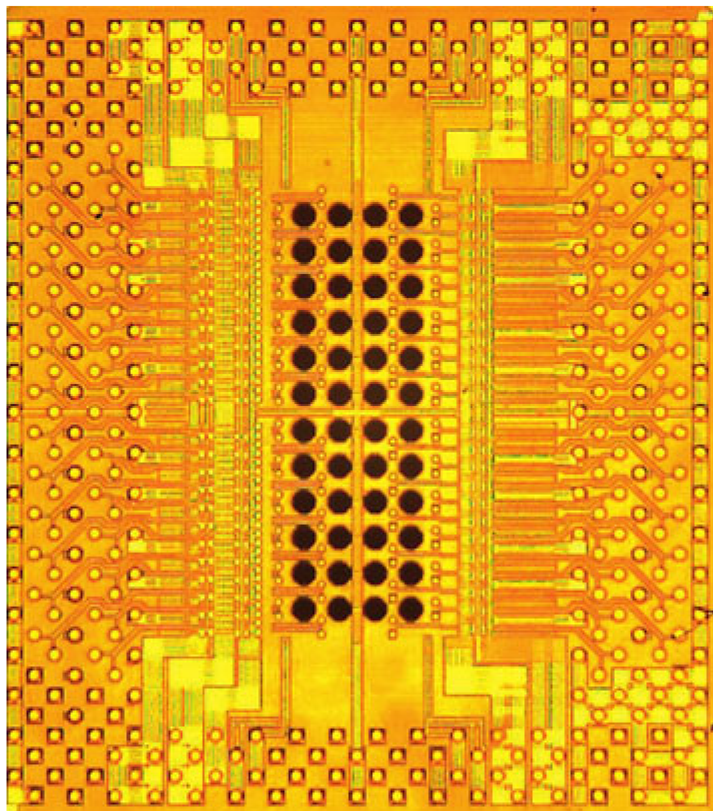


制造Holey Optochip，需要使用一种新方法，在标准的硅CMOS（互补金属氧化物半导体）芯片上打48个孔。因为这些孔的存在，光信号就能从芯片背面进入24个接收器和24个发射器通道（每个孔对应一个接收器或发射器），这使得Holey Optochip成为了一种高性能、低能耗的光学模块，并把数据的传输速度提升到了创纪录的水平。另外，这款原型产品所采用的元器件目前都已经商用，这为该芯片的商业化大规模生产提供了可能。

同时，研究人员在制作Holey Optochip时，也考虑了能耗因素，把整个收发器的能耗控制在5瓦以下，也就是说一个100瓦灯泡所消耗的能量，就足以支持20个收发器的运行。对于需要高速运算的企业来说，利用这种低能耗光芯片，他们可以在执行高强度分析、数据建模与预测等任务时，减轻能耗压力。

Holey Optochip显示出的特性说明，高速度、低功耗的网络互连在短期内是可以实现的，而光学器件或许是唯一一种传输介质，可以始终满足迅速扩增的带宽需求。据预测，未来的计算将主要依靠光芯片技

术，它将促进云计算、超级计算机和数据中心的发展。

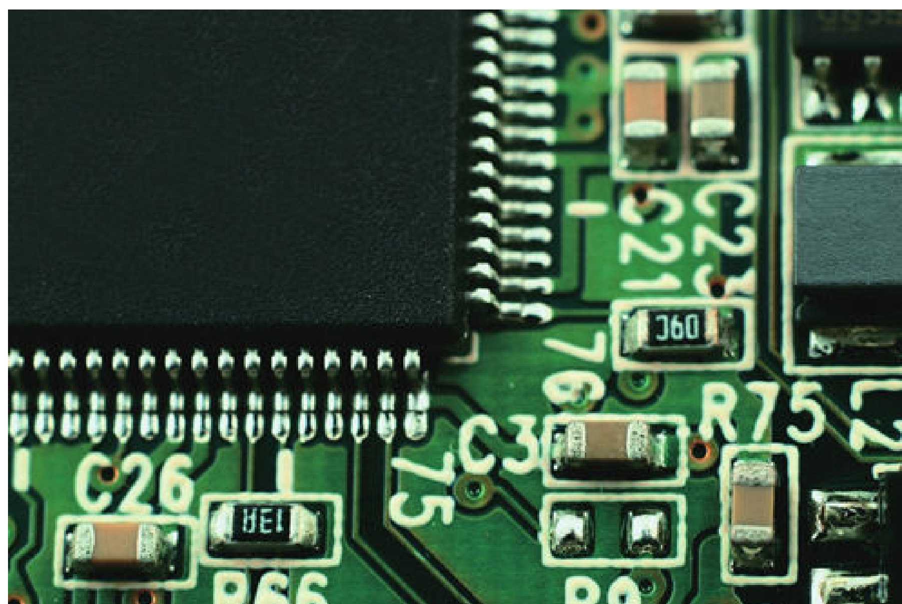


纳米晶体管改造计算机

撰文|达维德·卡斯泰尔韦基（Davide Castelvecchi）
翻译|王栋

物理学家展示了一种新型纳米晶体管，这种设计将使计算机运行更快，耗电量更低。虽然它还没有转化成实用器件，但应用前景不可限量。

每块计算机芯片上，都密密麻麻地排列着数十亿个晶体管。自从1947年美国科学家约翰·巴丁（John Bardeen）、沃尔特·布拉顿（Walter Brattain）和威廉·肖克莱（William Shockley）在贝尔实验室制作出第一个晶体管原型以来，晶体管的生产一直都基于相同的原理。目前，物理学家展示了一种彻底简化的晶体管设计，这种设计能使计算机运行得更快，耗电量更低。虽然奥地利物理学家朱利叶斯·埃德加·利林菲尔德（Julius Edgar Lilienfeld）早在1925年就为这种设计申请了专利，但迄今，它从未转化成实用器件。



每个晶体管都有一个门电极，它决定着电流能否通过半导体片，从

而界定一个“开”或“关”的状态，这是计算机二进制运算的关键。传统的设计是，半导体片被加工成类似三明治的结构，即一种材料夹在另一种材料的中间。在“关”的状态下，这个“三明治”是绝缘体，但它可以转化为电导体，通常的方法是在门电极上施加一个电场。在芯片制造过程中，“三明治”结构是通过向硅片中“掺杂”其他元素形成的。例如，中间一层可以加入易于获得电子的元素；外面的两层则加入易于释放电子的元素。单独来看，每一层材料都是导电的，但除非门电极处于“开”的状态，否则电子无法穿过中间一层。

相邻材料层之间的边界叫作“结”。爱尔兰廷德尔国家研究院的琼-皮埃尔·科林奇（Jean - Pierre Colinge）说：“随着晶体管尺寸的缩小，如何在几纳米的距离内，使硅片中掺杂元素的密度发生突然变化，以形成一个明显的边界，已成为科学家面临的一个大难题。”

一种解决办法就是干脆去除边界。根据利林菲尔德的设想，科林奇及其同事制作了一种晶体管，其只含一种掺杂元素，这样边界就不存在了。这种新型器件是一个1微米长的纳米管，其中掺杂了大量的硅，门电极横穿中部。门电极产生的电场会耗尽纳米管中间区域的电子，关闭晶体管，进而阻止电流通过纳米管。2010年3月，这个研究小组在《自然·纳米技术》杂志上发表了他们的研究成果。

要有效耗尽电子，纳米管只能有10纳米厚。这种纳米管有可能实现规模生产。科林奇说，“这个器件应该很容易整合在硅芯片上”，因为它与现有制造工艺是兼容的。他认为，无边界设计可以更有效地开关电流，这就意味着晶体管能在较低电压下工作，产生的无用热量更少，速度也将更快。（实际上，经过数十年的快速发展，计算机运算频率过去数年一直停顿在3GHz左右。）

位于美国纽约州约克敦海茨的IBM华生研究中心物理科学部主任托马斯·泰斯（Thomas Theis）认为，如果发明者能将无结晶体管的长度显著缩短，更好地与现有部件相匹配，这种晶体管的应用前景就不可限量。科林奇说，把晶体管的尺寸缩短到10纳米应该是可行的，他的团队正在努力实现这一目标。科林奇还透露，自他们的文章发表以来，多家半导体公司都对无结晶体管很感兴趣，或许这些公司已经做好准备进入“无边界时代”了。



手机网络将永不崩溃

撰文|科琳娜·约齐欧（Corinne Iozzio）
翻译|林清

在未来，无论何时何地，我们都能用手机拨打紧急电话。

2012年，飓风“桑迪”横扫美国东海岸，在灾情最为严重的地区，它摧毁了多达半数的手机基站。这场飓风将我们依赖手机作为主要通信工具的缺陷暴露无遗。高通公司和其他无线通信公司一直致力于制定移动通信新标准：该套技术规程可以确保设备之间互相“通话”，即使在网络出现故障时也能保持线路畅通。2014年，与此相关的“邻近服务”或所谓的LTE Direct标准获批。

通常而言，手机通话的信号需要通过手机基站进行传播。LTE Direct技术将省去这个“中间人”的麻烦。在紧急情况下，那些处在4G LTE网络中，并使用同一频率的手机，将能够直接连接。大约在500米范围内，用户可以互相拨打电话，或与现场救援人员通话。如果目标不在附近，系统还可以通过多部手机进行信息传递，直到最终到达目标手机。



要想利用LTE　Direct技术，高通公司和其他通信公司还需升级天线和处理器，所以要想让手机具备以上功能，我们还要再等上更长时间。

但标准的获批意味着许多公司可以开始大展拳脚了。

话题七　人工智能拉开时代科技大幕



未来，人工智能（AI）的发展不仅会带来技术本身的进步，还将引领各行各业的创新发展。随着AI时代的到来，越来越多的公司加入到研发有实用价值的机器的队伍中去。机器人可以穿越太平洋、做比萨饼，无人机可以飞进火山口搜集数据、保护野生犀牛……“无所不能”的机器，满足你的猎奇心。本话题中的新进展预示着日新月异的进步将彻底改变人类的生活。

一心多用的机器耳朵

撰文|蒂姆·霍尔尼亚克（Tim Hornyak）
翻译|宋彦

日本研究人员开发出一套机器人倾听系统，这套系统能够同时理解多人说话。研究人员预计这一技术会有更广泛的应用。

日本的圣德太子是公元7世纪的著名政治家，也是日本第一部宪法的制定者。据说他拥有同时倾听多人说话的能力，能一次听取10位请愿者的陈述，并马上作出裁决或提出意见。

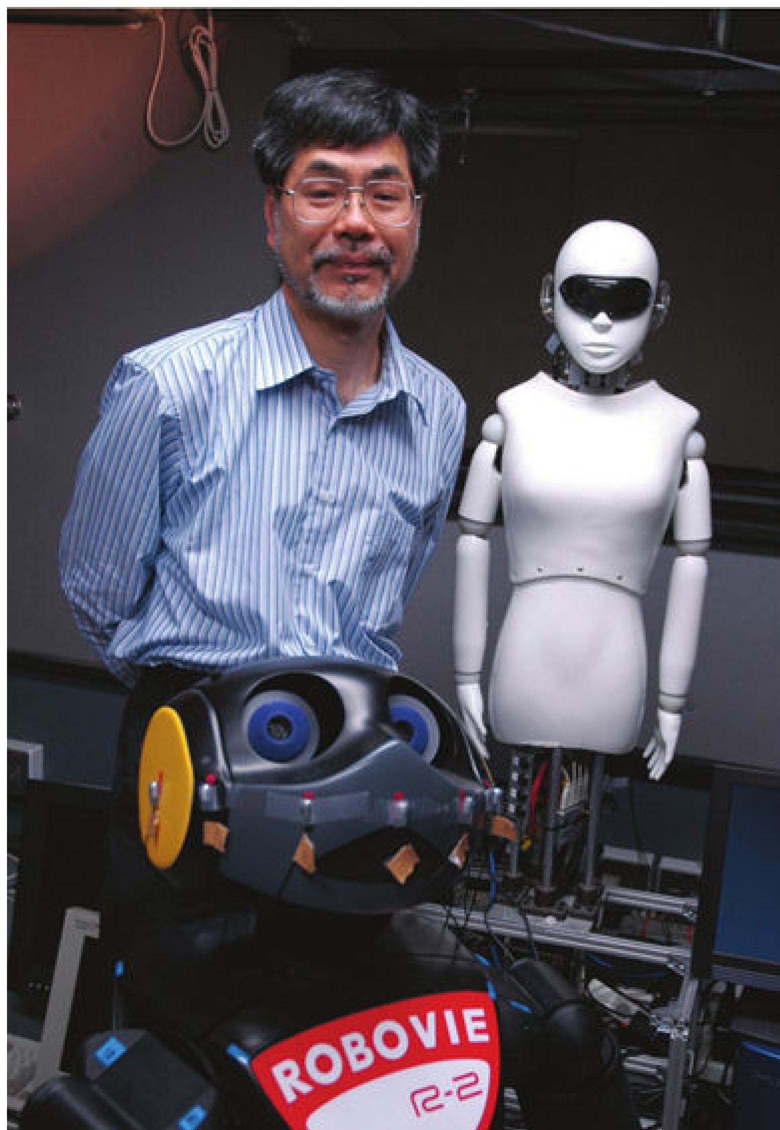
日本研究人员从圣德太子的传奇故事中得到启发，花了5年时间，开发出一套能够同时理解多人说话，并作出响应的类人机器人系统。他们为机器人设置了一个饭店场景，让它在那里充当服务生的角色。如果有3个人出现在它的面前，并同时点不同的菜，机器人听懂菜名后，重复一次，并报出总价，正确率在70%左右。这个过程耗时不超过2秒，更重要的是，机器人不需要事先针对特定语音进行训练。

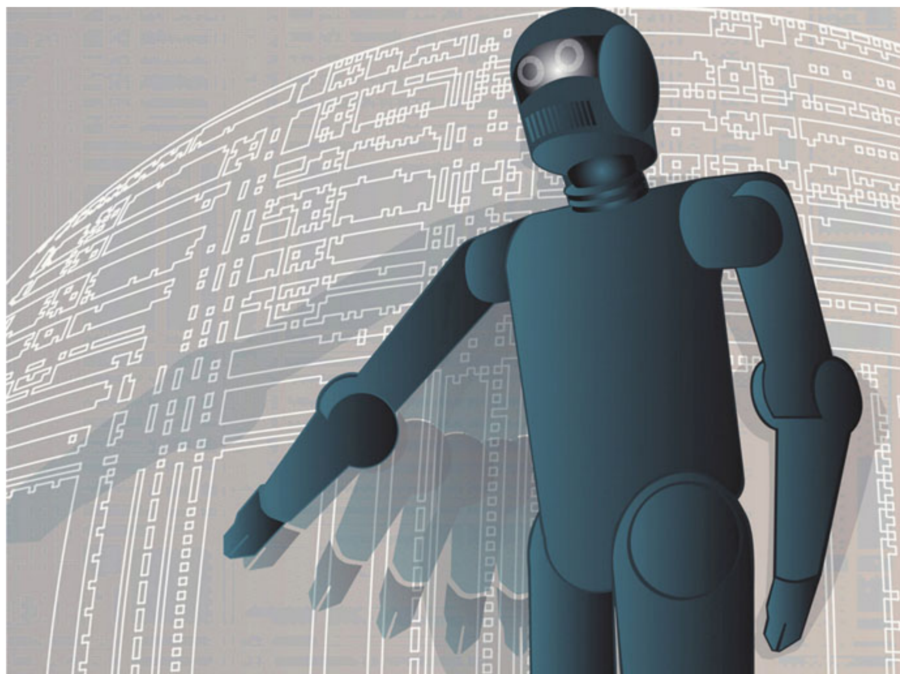
这样的听觉能力涉及人工智能领域中的一个基本难题——如何教会机器从嘈杂的环境中挑出重要的声音。这就是人们常说的“鸡尾酒会效应”（声学中人耳的掩蔽效应：在鸡尾酒会嘈杂的人群中，如果两人交谈，他们耳中听到的都会是对方的说话声，周围的各种噪声被自动掩盖掉了），大多数机器在这方面的表现，并不比一个灌了不少马丁尼酒的醉汉强多少。作为这一语音识别研究小组的负责人和这一领域的先行者，日本京都大学的奥乃博表示：“对于一个机器人来说，在嘈杂的环境中识别出说话的人，是一件非常困难的事情。”回音、杂音和其他信号干扰都会带来识别困难。

确实，能够用简单的自然语言直接和机器交流，从艾伦·图灵时代（Alan Turing）开始就一直是人类的梦想。但直到今天，这一梦想仍然离普通用户十分遥远。2006年，微软公司在现场演示Windows Vista的语音识别功能时，就闹了一个笑话：语音识别软件把简单的问候语“Dear Mom”（亲爱的妈妈）处理成了不知所云的“Dear Aunt, let's set so double the killer delete select all”。一大堆单词堆砌在一起，谁也不

知道Vista在说些什么。

相比之下，奥乃博的系统可算异常精准，而且说话的人不需要佩戴耳麦，因为麦克风已经嵌入机器人体内。被奥乃博称为“机器监听”的程序会执行所谓的听觉场景计算分析，结合数字信号处理和统计方法，先定位声源，再用计算过滤器将不同的声音分离开来。下一步，“特征缺失掩码的自动生成”才是真正的关键。这一强大的技术能在系统专注于某一特定的说话者时，将它认定的其他不可靠的声音信号（比如周围的闲谈）屏蔽掉。然后，系统会将处理之后的信息，与一个内置的语音数据库进行比对，该数据库中储存着5000万条日语单奥乃博与他的机器人R2和SIG2，这些机器人可以同时听懂多个人的谈话。词发音，能够确定说话者说的是哪些单词。如果回放每个说话者经过过滤的声音，我们就会发现，中间只会听到极少数其他人的声音。


ROBOVIE
R-2



这些技术合在一起，就制成了这套适应能力较强的机器人倾听系统。与其他类似的系统相比，这套系统的能力更接近于人脑的听觉能力。奥乃博表示，这套系统也许能同时处理多达6个人的声音，具体人数取决于人们的相对位置和麦克风的数量（目前是8个）。此外，机器人还可以移动并面向说话者，从而提高听觉处理性能。

美国哥伦比亚大学语言与声音识别重构实验室的负责人丹·埃利斯（Dan Ellis）评价说："奥乃博的机器人听觉项目，把多麦克风声源定位的最佳方法和强大的缺失特征语音识别技术很好地结合在了一起，因此在理解重叠语音方面表现得非常出色。致力于解决真实世界中遇到的所有实际问题，探索能让机器和人类在真实环境中交谈沟通的技术，这才是奥乃博的研究工作高于其他类似研究的原因所在。"

除了给快餐店打工以外，奥乃博的机器人还可以改造成具有降噪功能的人工耳蜗。奥乃博认为，这样的设备可以与先进的自动复述系统结合起来，这一点非常重要，因为有听力障碍的人通常对谈话内容的上下文相当依赖。奥乃博本人因为常年用耳机听音乐，而且把声音开得很大，听力受到了损害，如果不借助听力辅助设备，基本上就是个聋子。他开玩笑说："目前类人机器人的听觉能力跟我差不多。"

奥乃博希望，这一技术能有更广泛的应用。他预测说，"在不久的将

来，许多家电都会拥有内置的麦克风”，这些麦克风能做的事情肯定不仅仅是了解你想吃什么这么简单。

航海机器人穿越太平洋

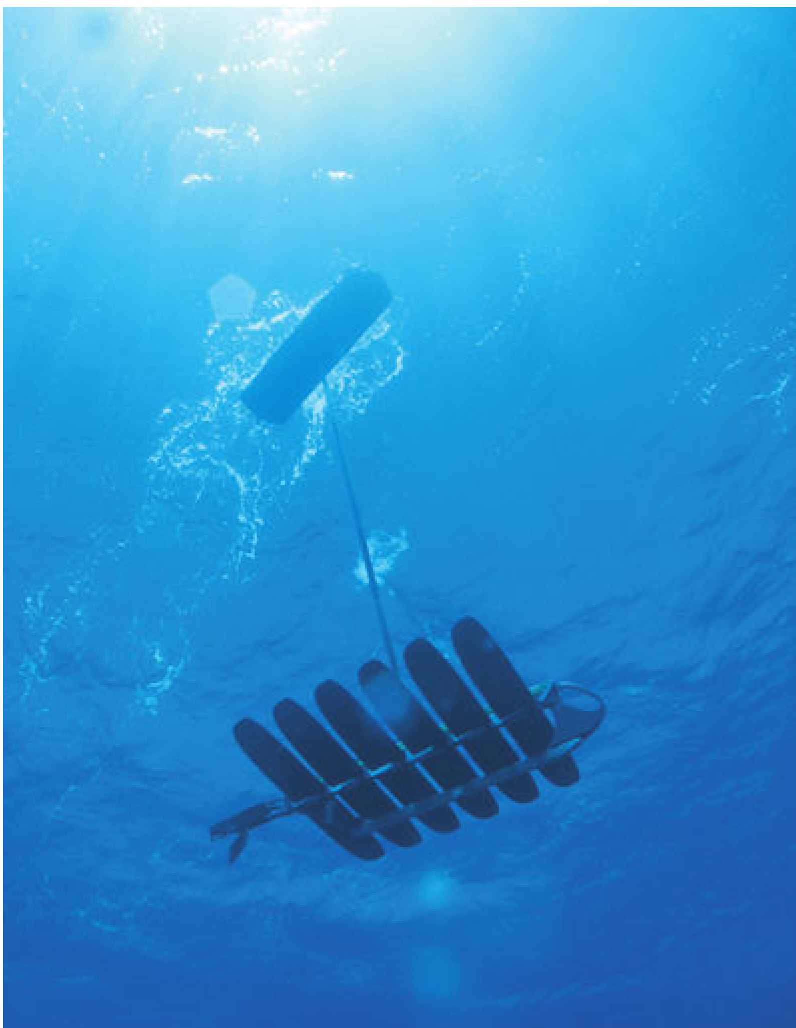
撰文|卡伦·弗伦克尔（Karen A. Frenkel）
翻译|王栋

一台潜水机器人不仅获得了一批珍贵数据，还创造了无人驾驶潜水设备航行距离的新纪录。

现在，科学家正在研究一台名为“Papa Mau”的潜水机器人采集的数据信息。这台机器人和冲浪板一般大，由波浪驱动航行。它从美国旧金山出发，航行16,668千米后，于2012年年末抵达了澳大利亚赫维湾，成功穿越太平洋，并创造了无人驾驶潜水设备航行距离的纪录。它还记录了沿途有关洋流、风速和对海洋生物至关重要的微生物等数据信息。

这台潜水机器人在海中航行了一年有余，是4台被称为“波浪滑行者”的自动航海机器人中的一台。这些机器人由位于美国加利福尼亚州的Liquid Robotics公司研制并测试运行。公司首席执行官比尔·瓦斯（Bill Vass）介绍说，他们的潜水机器人提供的数据，其精确度比卫星提供的还高。目前，卫星被用来监测风速、浪高及水华等海洋数据。在400千米高的轨道上，卫星“只能粗略地遥感这些数据”。此外，卫星也只能监测洋面附近的海洋环境。与之相比，滑行者机器人能够“感知洋流的方方面面”。这一功能可使滑行者机器人更好地监测洋流的流速和方向，而这些信息对航运、石油和天然气开采以及全球天气均有重要影响。

美国罗格斯大学海洋生物学教授奥斯卡·斯科菲尔德（Oscar Schofield）虽然也认为卫星的探测效果有限，但“即便只能探测到洋面，卫星仍是能提供海洋全球监测的唯一途径”。问题是，如何才能填补洋面之下监测的空白，将二维平面探测升级为三维立体探测呢？同是罗格斯大学教授的物理海洋学家斯科特·格伦（Scott Glenn）说，结合卫星和滑行者机器人两者获得的数据，或许能带来更加完整的图像。卫星能提供实时海洋图，而“波浪滑行者”机器人和“水下测绘滑行者”机器人则能进行垂直方向上的海洋测绘，并且能随时派它们去最感兴趣的海区，格伦解释说。



Liquid Robotics公司挑选了5名科学家，来研究“Papa Mau”和其他滑行者机器人收集的数据。来自美国加利福尼亚大学默塞德分校和圣克鲁斯分校、斯克里普斯海洋研究所、得克萨斯大学奥斯汀分校，以及位于波士顿的Wise Eddy软件公司的研究人员，将利用这些数据来分析评价海洋生态的健康和循环、海洋生物种群的数量，以及其他对海洋生物具有决定性影响的相关信息。

无人机保护野生犀牛

撰文|约翰·普拉特(John R. Platt)
翻译|高瑞雪

无人机将可以帮助肯尼亚保护犀牛。

想象一下,只有几十个警察在曼哈顿全境巡逻,保护被一群装备精良的犯罪分子盯上并想要杀掉的东西。这就是近来肯尼亚中部奥尔佩杰塔自然保护区的大致状况。这个360平方千米的非盈利性自然保护区是许多濒临灭绝的珍稀动物的家园。这里生活着黑犀牛、大象、狮子、黑猩猩、细纹斑马,以及世界上最后7头北部白犀牛中的4头。其中,犀牛处境尤其危险,因为犀牛角能使偷猎者获得巨大的财富。据保护区管理局说,在这种平均收入只有每天1美元的国家里,仅仅一只犀牛角就可以给偷猎者带来相当于30年工资的收入。



虽然奥尔佩杰塔保护区24小时武装护卫北部白犀牛,但是在保护区的其余区域,只有区区160名警卫,想要完成巡视任务几乎是不可能的。为了能让这些动物时刻处于保护之中,保护区管理局借助募资网站Indiegogo,募集到了35,000美元,购买了第一架无人机。

在世界各地保护濒危物种的工作中，类似的无人机已经发挥了作用。最终，总部设在美国的Unmanned Innovation公司的一个无人机型号获得了奥尔佩杰塔管理局的青睐。该型号无人机可以按照预先设定的程序模式飞行，同时还能向笔记本计算机发回实时视频。该无人机配有高清晰度的摄像头，在日间飞行中能够高倍变焦，在夜间活动时又可以红外热成像。奥尔佩杰塔保护区还计划给一些动物装上射频识别标签，以便无人机能够进行定位和跟踪。

无人机发送的视频和射频识别标签相结合，能让管理人员从空中发现问题，比如动物遇到了麻烦，或是偷猎者出现在不该出现的地方。

尽管这是奥尔佩杰塔保护区第一次启用无人机，但是已对偷猎者起到威慑作用。“有东西在天上，天空中有眼睛在看着，”罗伯特·布瑞尔（Robert Breare）说，“这样的消息会传播开来。”布瑞尔在奥尔佩杰塔保护区负责策划和创新工作，并且主持推进无人机工程。他说：“无人机飞行时产生的发动机的声音，就是我们最大的收益。”

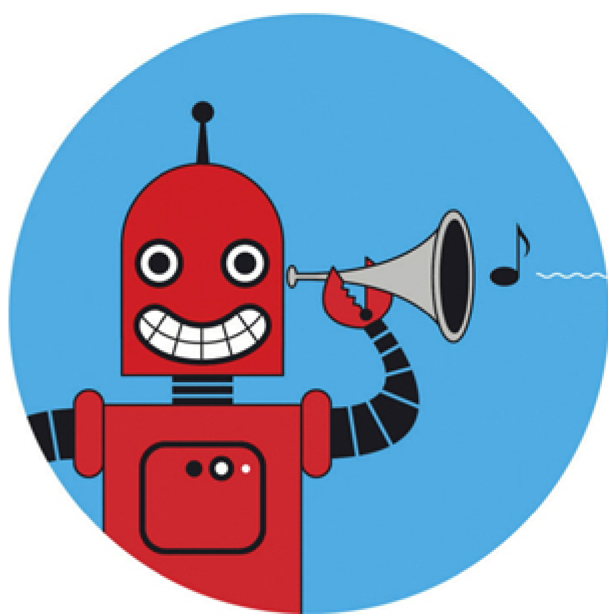
把机器人的耳朵“叫醒”

撰文|格雷戈里·莫内（Gregory Mone）
翻译|王栋

研究人员设计了一种新的声音识别方案，让智能设备不仅能识别人类语言，还能识别其他声音。

在语音识别软件（例如iPhone的Siri）的帮助下，机器人已经能够识别语音命令并对此作出反应。但是，智能设备对其他声音的识别仍然很困难。位于美国波士顿的Rethink Robotics公司的机器人学家约瑟夫·罗马诺（Joseph Romano）解释说：“从某种意义上讲，这个问题其实应该更容易解决，只是目前还没有进行过很多关于环境声音方面的研究工作，环境声音还没有被整合进机器人的反馈回路中。”

罗马诺试图让机器人尝试“聆听”除我们人类谈话以外的其他声音。他同美国宾夕法尼亚州立大学的研究人员合作，编写出了一款名为《怒吼》（机器人操控系统开源音频识别程序）的工具软件，可以让机器人学家训练智能设备对更多种类的声音作出反应。根据于《自主式机器人》期刊上发表的一篇研究文章介绍，该工具软件所需的主要硬件设备仅仅是一部麦克风。



开始进行训练时，操控员首先会让机器人装备的麦克风捕捉周围的声音，《怒吼》软件会滤除其中的静电噪声。接下来，操控员将引导《怒吼》软件来识别一些关键声音。在识别过程中，操控员需要反复进行某一特定动作（例如关门或打开智能手机闹铃），并在机器人“聆听”声音时，为不同的特征音频做不同的标记，以此来实现声音识别训练。最后，在完成一系列训练课程后，《怒吼》软件会对与动作相关的所有声音建立一个通用模型。

该研究团队在一部单臂机器人上安装了《怒吼》软件，用以测试该软件是否可以增强机器人完成特定任务的能力。其中的一个实验设置是让机器人尝试自主抓取并启动电钻。在没有声音反馈的情况下，机器人在20次尝试中只成功了9次；安装了《怒吼》软件后，机器人在做抓取动作后，如果没有听到电钻马达运转的声音，它就会调整动作再试一次，从而将成功率提高了一倍。

该项研究的下一个目标，是确保软件在吵闹嘈杂的环境中也能正常运行。未来的某一天，机器人学家如果能将声音识别成功地整合进机器人的反馈回路中，与视觉识别和触觉识别共同发挥作用，机器人护士就可以迅速应对病人的呼叫，工业机器人也能对生产中的故障及时作出反应。虽然这项技术的研究才刚刚起步，但是罗马诺认为它的潜力巨大。“现在，我们甚至连（这项技术）能做什么都还没有开始探索

呢。”他说。

“谍影旋机”助警方破案

撰文|廖红艳

通过模仿蝙蝠和鸟类的飞行和栖息机制，科学家发明了仿生飞行吸附两栖机器人，希望未来能将它应用在犯罪、火灾、爆炸、地震等现场，进行侦察和监控。

犯罪嫌疑人走出大楼，乘坐汽车离开。这时，早早隐藏在楼顶的“谍影旋机”也开始行动。它悄无声息地接近犯罪嫌疑人乘坐的汽车，稳稳地吸附在车尾，清楚记录下犯罪嫌疑人的行车路线和车内情况。当犯罪嫌疑人走进另一栋大楼后，“谍影旋机”又飞向空中，“粘”在犯罪嫌疑人所在房间的窗外，伸出小摄像头，把现场情况拍了下来，最终帮助警方抓住了犯罪嫌疑人。

实际上，这是一次演习。表现神勇的“谍影旋机”，是南京理工大学计算机科学与工程学院智能科学与技术系副教授、博士生导师刘永带领的研究团队，研发的一款仿生飞行吸附两栖机器人。

这款侧吸式机器人外表看起来像一台遥控飞机，由四旋翼结构、吸附装置、无线摄像头、嵌入式控制器和多种传感器等部件组成。

它既可以像飞行生物一样飞行，又可以像壁虎一样吸在天花板和墙壁上，还可以像鸟儿一样抓着树枝，具有功耗低、噪声低、续航能力强等优点。它不仅具有空中飞行能力，能快速移动到目标位置，而且具有在三维空间壁面进行稳定吸附的能力，能够长时间在线工作，未来有望应用在犯罪、火灾、爆炸、地震等现场，进行侦察和监控。



“谍影旋机”是刘永团队研制的第三代产品，在此之前，他们在飞行吸附机理及飞行吸附方位方面，经过了较长时间的研发。

在接受《环球科学》记者采访时，刘永说：“研发过程中面临的最大技术挑战，是让机器人在空中实现飞行和吸附状态的自主转换。由于在状态转换瞬间，吸附力和壁面反作用力的存在，正常的飞行控制规律完全失效，需要新的控制机理和关键技术。”

为了解决这些机理问题，研发团队一方面从数学上建立了机器人的动力学模型，提出了阻抗控制和力控制等策略；另一方面，从系统设计上，采取了柔性装置和多传感器等技术手段。

研发团队中的孙国辛当时是南京理工大学计算机专业研三的学生，他说：“当初做实验时经历了无数次失败，机器人接触到墙面，有时会侧翻或者坠落。后来，团队成员在吸盘的支撑杆上设计了一个缓冲器，上面安装了弹簧。机器人碰到墙的时候，弹簧可以吸收墙面的反作用力，吸盘附近的支架也有助于把机器人固定在墙上。”

由于设计精巧，“谍影旋机”虽然自重只有1.5千克，却能搭载1千克的物品；普通机器人能飞二三十分钟就不错了，但这款飞行吸附两栖机器人一次能运行两三百分钟。

“一旦机器人吸附在墙壁上，螺旋桨就会停下，这样耗电量就少了，”孙国辛介绍说，“另外，机器人身上有一个测距传感器，在距离墙面近1米的地方，就可以调整飞行速度和姿态，防止机器人撞到墙上。

飞到距离墙面5～10厘米时，机器人还能根据测力传感器，分析墙面的粗糙程度，最终确定吸盘的吸附力。因为机器人能够自己判断吸附力，所以也比较节能。”

在后续应用中，刘永希望，这款“谍影旋机”飞行吸附两栖机器人，能够像飞机一样实现自主起降。“自主性的起飞与降落，对飞行吸附两栖机器人的安全性非常重要。不过，要实现自主、智能化的起降过程，使机器人能够像真正的飞行生物一样停落在壁面上，再从壁面上自由地飞走，我们还需要做一些深入的研究。”刘永说。

除了提升机器人的自主起降能力和智能化水平，研发团队还打算进一步提高机器人的有效负载、续航能力和隐蔽性，以应对复杂三维空间环境，同时提供更加友好、简单的人机操控界面。

刘永说：“未来，我们想设计一款能执行长期侦查任务的机器人，它能像鸟、蝙蝠一样自由飞行栖息，把现场的图像和信息源源不断地传回来。”

社交网站成科研数据重要来源

撰文 | 梅琳达·温纳·莫耶（Melinda Wenner Moyer）
翻译 | 王栋

推特拥有数十亿用户，他们每天发布的“推文”数量巨大，这是一笔无价的数据资源。

每天，全世界用户发表在推特上的“推文”有5亿条之多。对于研究人类行为模式的科学家来说，社交网站无疑是巨大的数据宝藏，因为其中包含大量有关用户私人生活的详细信息。

通过分析这些数据，研究人员可以找出影响健康的风险因素，还能追踪某些疾病的流行情况。例如，微软公司的研究人员开发出了一种算法，能通过分析怀孕妇女在推文中表现出的潜在情绪，预测她们患产后抑郁症的几率。美国地质调查局则利用推特来追踪地震发生的位置，因为地震时人们会在推特上炸了锅一样讨论刚刚感觉到的震动。

然而，即便是最热衷于此类研究的科学家，能得到的推文量仍很有限。虽然大部分推文都是公开的，但如果想要进行免费的系统性搜索，科学家就需要通过推特的后台系统来进行，而即使这样，搜索到的档案记录也只占全部数据的1%。不过，这种情况已得到改变：2014年2月，推特公司宣布，将把2006年起的全部“推文”记录，免费提供给研究人员使用。随着可利用的数据越来越多，而且人人有份，科学家将能探索一些更复杂、更具体的问题，用推特作为工具的研究也很可能会因此更加“兴旺发达”。

虽然推特公司的这一表态令人兴奋，但同时也引发了一些棘手的问题。例如，推特对基于自己数据产生的科研成果，享有法律权益吗？如果用户不愿意参与研究，那么将他们的“推文”用于研究，合乎道德吗？

为了消除这些担忧，2014年2月，美国弗吉尼亚理工大学的计算流行病学家凯特琳·里弗斯（Caitlin Rivers）和布赖恩·刘易斯（Bryan Lewis）发表了一篇文章，对使用推特数据提出了一些指导性道德原则。他们建议，科学家绝不能暴露用户的昵称，并且要将自己所从事的科学研究的目的公之于众。比方说，虽然从公共场合收集信息不存在道

德问题（推特其实也是一种公共场合），但如果在未经用户许可的情况下，公开他（她）的个人信息，就不道德了。里弗斯和刘易斯指出，随着基于推特的研究项目迅速增多，考虑和保护用户隐私就变得极为重要。对科学家来说，可利用的数据越多，也意味着需要承担的责任越大。



机器人做比萨饼

撰文|珍妮特·毕比（Jeanette Beebe）
翻译|李想

对机器人来说，拉伸可变形的物体（比如面团）是非常不容易的一件事。

在加班夜宵的食谱上，比萨饼一直骄傲地拥有自己的一席之地。身在意大利那不勒斯的科学家可以很方便地尝到世界级的美味外卖，那里的比萨饼可谓美誉四方。但让工程师布鲁诺·西西利亚诺（Bruno Siciliano）着迷的不仅仅是比萨饼的美味，更是它的烹饪过程。



“制作比萨饼需要非凡的灵巧和细腻的技术。”西西利亚诺说道，他在那不勒斯费代里科二世大学领导一个机器人研究小组。拉伸一个可变形的物体，比如面团，不仅着力点要准确，而且力道也得适当。这是少数几件人类能轻易做到，但机器人无能为力的事情之一——仅就目前而言。

西西利亚诺的小组一直致力于灵巧机器人的研发，机器人要能揉面、拉伸面团、撒放作料、将面饼放入烤箱，从头到尾完成比萨饼的烹饪。“机器人动态操控”是一个由欧洲研究理事会斥资250万欧元资助

的、为期5年的研究项目。该项目研发的机器人最终要能像人类厨师那样，让面团在指尖上翻飞甩动，既要保持住旋转又要能预测面团的形变。机器人厨师在2018年5月那不勒斯传统的比萨饼节上首次亮相。

2017年春天，“机器人动态操控”到达了一个新的高度：首次在不拉断的前提下拉长面团。为了训练机器人，西西利亚诺的小组聘请了比萨饼大师恩佐·科恰（Enzo Coccia），让他穿上一套动作捕捉设备。“我们学习科恰的动作，然后操控机器人进行模仿。”西西利亚诺说道。

“这种策略很有效。”科罗拉多大学博尔德分校机器人专家尼古劳斯·科雷尔（Nikolaus Correll）说道。科雷尔利用橡胶弹簧模仿了柔性动作，不过他并未参与西西利亚诺的研究。“人们学习制作比萨饼依靠的是来自双手的反馈，”科雷尔说，“人们得拉扯面团，感受面团。”

而“机器人动态操控”是使用头部的视觉系统来实时追踪面团。软件可以帮助机器人像厨师那样通过自我训练来掌握技巧，对于笨拙而稍显慌乱的机器人而言，这的确不容易。机器人需要捕捉面团的位置，然后追踪它的运动。通过练习，机器人会像人类发展出“肌肉记忆”那样熟能生巧。研究人员希望，借助“机器人动态操控”技术，新一代机器人即便不能像真人一样，也至少能以准确、精细、灵巧的方式完成任务。不过，西西利亚诺承认，还没什么能比得上人类厨师。“我永远也不会去吃机器人做的比萨饼，”他说道，“机器人没法做出源自厨师灵魂的味道。”

无人机飞进火山口

撰文|香农·霍尔（Shannon Hall）
翻译|林清

在无人机的帮助下，研究人员近距离领略了火山的内部活动。

危地马拉的富埃戈火山（Volcan de Fuego）确实实至名归。“Fuego”在危地马拉语中的意思是“烈焰”，“烈焰火山”不仅每隔1小时就会向空中喷射几次火山灰，而且几乎每月都会有一次大爆发，化身成真正的炼狱，届时火山喷发的规模更大，吓人的岩浆和碎屑沿着山坡倾泻而下。这种周期性的行为正愈演愈烈，科学家不禁担心这座火山是否即将发生一次更大规模的喷发。1974年，这里曾发生过一次大规模火山喷发，火山灰喷射到4英里（约6.4千米）高的天空中，巨量岩屑顺坡而下。从那之后，下一次不知何时发生的大规模喷发，就成为当地10万居民心中挥之不去的梦魇。

但是，由于无法近距离观察，科学家很难预测火山今后的活动趋势。2017年早些时候，由火山学家和工程师组成的科研小组，首次通过无人机捕捉到了火山口活动的影像。“从火山学的角度来看，我们从未想到可以如此近距离地观察火山爆发，”研究团队成员、剑桥大学的火山学家埃玛·刘（Emma Liu）说，“那场面真是太壮观了。”

通过无人机的拍摄，研究人员发现，在富埃戈火山每月大爆发的前几天，火山口内会形成一个巨大的圆锥体。埃玛·刘及同事猜测，这个圆锥体会不断上升，直到像摇摇欲坠的叠叠乐塔一样，在结构变得不稳定时，开始部分塌陷，并喷发出更多的熔岩和岩屑，这个过程会部分地以半规则模式重复。



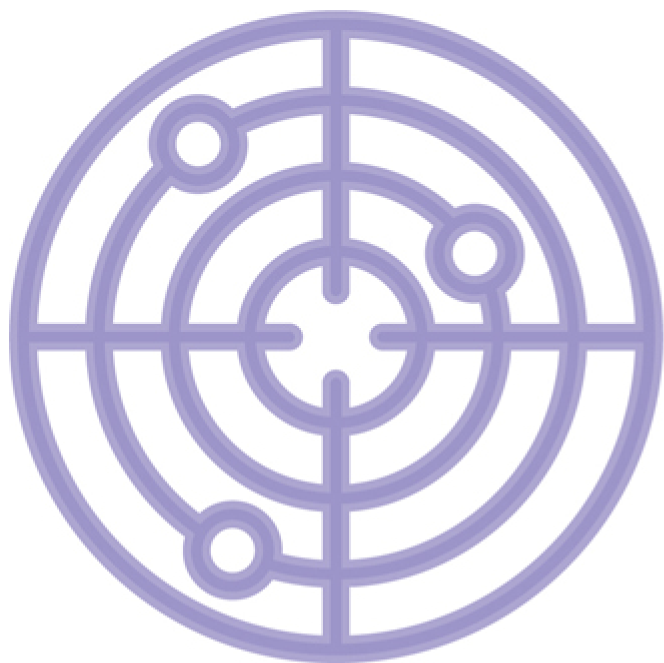


研究人员通过远程操控无人机，勘察帕卡亚火山（1）和富埃戈火山（2）。

基于上述观点，火山学家可以更为精确地预测火山的爆发周期。拉蒙特 - 多尔蒂地球观测站的火山学家埃纳特·列夫（Einat Lev，未参与此项研究）称，这项工作“是对火山基本新知识的绝佳展示，特别是（无人机）提供了关于危地马拉火山内部活动的场景”。

该小组成员计划2017年11月返回危地马拉，通过观察火山口活动的整个周期来验证他们的假设。这次，他们所用的无人机将配备新的仪器，可以同时对火山灰柱进行取样，这可能有助于确定富埃戈火山是否会再次发生灾难性的喷发。

话题八　科技创新引领时代



科技创新是现代化的发动机，是一个国家的进步和发展最重要的因素之一。科技创新能力强盛的国家在世界经济的发展中发挥着主导作用，只有不断提升自主创新能力，才能使经济建设和社会发展不断迈上新的台阶，实现可持续发展。

柔性电子技术获突破

撰文|郗泽潇

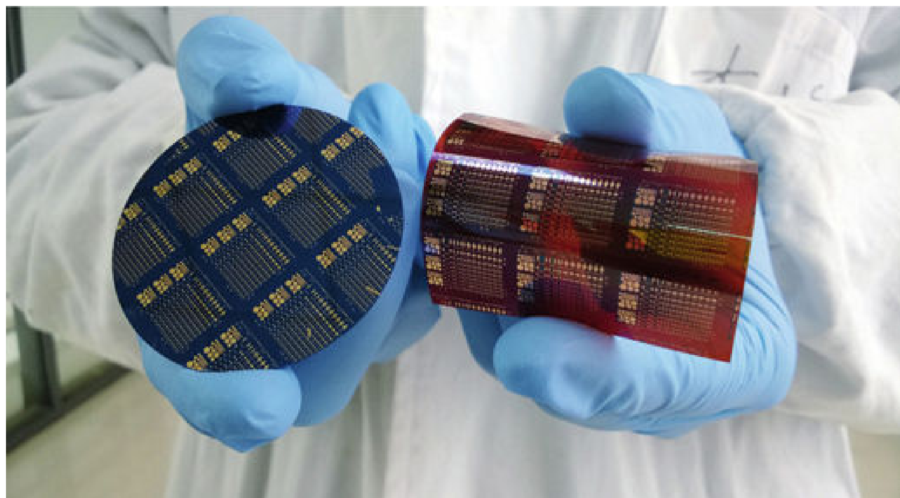
复旦大学科研团队揭示了有机薄膜晶体管稳定性机理，弯曲手机、折叠电视或将很快成真。

透明手机、折叠电视、防伪纸币、可显示新闻的车窗等一系列高科技产品，无不令人惊叹、向往。这些高科技产品的实现，都要依赖于柔性大面积电子技术。因此，其中最核心的硬件——大面积柔性有机薄膜晶体管（OTFT），受到了科研人员越来越多的关注。

OTFT具有可弯曲、伸展和折叠的特性，易于大面积印刷加工，生产成本低廉且无污染，因此应用前景非常广泛。然而，OTFT的性能不够稳定，国际学术界对其性能不稳定的成因和来源莫衷一是，这阻碍了OTFT走向商业化应用的进程。

复旦大学仇志军教授与刘冉教授领导的科研团队或许会改变这个局面。他们在揭示OTFT性能稳定性机制上取得突破性进展，找到了导致OTFT性能发生变化的内在机理，提出了水氧电化学反应与有机薄膜载流子相互作用模型，获得了广泛认可。

仇志军教授介绍说，OTFT是通过带正电荷的导电载流子（可以自由移动的带有电荷的物质微粒）来导电，当空气中大量存在的水分子和氧气分子与OTFT发生直接接触的时候，在OTFT表面会发生可逆的电化学反应。在正向电压作用下，水分子和氧气分子产生正向电化学反应，器件表面迅速产生大量带负电荷的氢氧根离子。正负电荷的相互吸引，导致OTFT中带正电荷的导电载流子被氢氧根离子牢牢“锁住”，缺少载流子的OTFT无法导通，也就无法正常工作。



左为传统硅芯片，右为柔性电子芯片。

然而在施加反向电压后，氢氧根离子发生逆向电化学反应，水分子和氧气分子被重新释放出来，之前被牢牢“锁住”的载流子便能在器件中自由“流动”，OTFT再次导通。

对于这种反应机理，科学家想出了一个生动的比喻——海绵模型。整个过程犹如向一条不断流动的小溪中投掷大量海绵，海绵吸水时，小溪近乎干涸而无水流动；海绵受到挤压时，水分会流出，小溪再次流动。小溪指的是OTFT，海绵指的是水分子和氧气分子，吸收和挤压指的是施加正、反向电压的过程，而水分就是载流子。如果OTFT内的电流状态不断发生变化，其逻辑操作就会发生“漂移”，导致电路工作紊乱失效。

实验结果表明，该模型为统一理论模型，不但适用于低导电特性的OTFT，还适用于类似碳纳米管和石墨烯之类具有高导电特性的薄膜器件，并且为OTFT的大规模应用提供了理论依据。

柔性电子技术具有良好的集成性和结合性，可广泛应用于那些对芯片本身性能要求不高，但需要芯片能大面积灵活运用的领域，如智能包装、可穿戴设备、医学成像、纸币防伪、大面积传感器和照明等领域。因此，柔性电子技术成为促成物联网真正普及和大规模应用的“最核心”技术。复旦大学科研团队的研究成果扫清了大规模应用中的障碍，为物联网普及和大规模应用做出了技术开发和储备的贡献。

物联网

综合采用计算机、网络、传感器、控制设备等，让能够被独立寻址的相关物理对象互联互通，实现对它们识别、监控和管理的智能化网络。物联网是新一代信息技术的重要组成部分，广泛应用于网络的融合中，也因此被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。

追逐太阳的概念车

撰文|拉里·格林迈耶（Larry Greenemeier）
翻译|王栋

一种混合动力概念车将可以完全使用太阳能来进行短途行驶。

时至今日，太阳能汽车几乎都还只是实验性的新鲜玩意儿。成本居高不下的电池、较低的能量转化率、许多地区并不多见的晴天等原因，让以光伏电池为动力的乘用车很难变成现实。

不过，福特公司正试图改变这一点。2014年，在美国消费电子协会于拉斯维加斯举办的国际消费电子展上，福特公司的C－MAX Energi混合动力车首次与公众见面。这辆车使用装在车顶的太阳能面板，来为锂离子电池充电。在电池驱动下，这辆车最远能行使34千米。随后，该混合动力车的汽油发动机将开始工作。“这是全世界首款不需要连接电源充电的插电车。”福特全球电气化与基础设施总监迈克·廷斯基（Mike Tinskey）介绍说。



这种概念车随车携带的一面展开面积可达20平方米的丙烯酸塑料顶篷，内有起到巨型放大镜作用的透镜，可将强烈的日光导向车载太阳能

板上。这种概念车利用传感器和摄像机，能追踪太阳的位置，并自动移动顶篷内透镜的位置来获得最佳日照。“与只是让车停在阳光下相比，这种系统能将车辆的充电速度提升8倍。”廷斯基介绍说。

显而易见，要想让这种概念车从展台上驶入寻常百姓家，福特公司还有不少坎要过。例如，太阳能电池、追踪系统和顶篷的成本问题等都还有待解决。此外，这种概念车的位置调整系统还会带来可行性和安全性方面的问题：普通家庭的车道上能容下一辆自行乱跑的车吗？怎么才能防止它无意压过挡在路上的东西呢？例如某人的脚，或者一只打盹的猫。

即便存在这些困难，这辆混合动力车仍然标志着未来汽车的一个大有希望的发展方向——实现无需电缆而且能源自给的乘用车。

“天河二号”助力石油勘探

撰文|刘洋

科学家使用计算机模拟石油勘探，这是超级计算机投入应用以来面对的最艰巨的挑战之一。

人们总是担心找不到足够的石油支撑社会前进，这种情感之强烈几乎堪比马尔萨斯（Malthus，人口学家，以其人口理论闻名于世）对人口过快增长将令人类不堪重负的担心。

解决问题的关键在于技术，现代科学技术正改变石油勘探艰苦乏味的特点。科学家已经可以通过分析地震波产生的大量原始信号来提高勘探的速度和精度，中石油开发的GeoEast系统就承担着这样的使命。GeoEast是一款地震数据处理与解释协同工作的一体化系统，它由近500个功能模块组成，能实现陆地和海洋等多地形地质结构的石油勘探模拟。

但使用这样强大的系统会带来另一个棘手的问题：在使用过程中产生的大量数据要求计算机必须具有极高的存储、计算和I/O（输入/输出）能力，因为只有如此，研究人员才能模拟出地震剖面图，从而推断出矿藏的准确位置。很多时候，甚至系统中某个模块的使用就能占据寻常超级计算机全部的计算节点。因此，在GeoEast系统闻名世界的过程中，至少有两个幕后英雄值得关注。

其中一个是“天河二号”。与很多超级计算机相比，“天河二号”有几个显著特点：它是一个完全开放的设备，所有科学家都可以利用它解决科研难题，这与天文学家争取天文望远镜使用时间的方式差不多；它的体积比超级计算机“泰坦”小了15%，运算能力反而提升了接近1倍；它使用了CPU（中央处理器）和GPU（图形处理器）相结合的技术，尽管它的GPU不那么为人所熟知。



浪潮公司是另一个幕后英雄，正是这家公司凭借它在石油勘探行业积累的经验，设计出的高效低耗系统方案TS10000，将GeoEast系统的作业效率提高了10%，从而大大缩短了勘探的周期。这套系统由404个计算节点构成，整体峰值计算性能达134万亿次，运算能力因此获得了大幅提升；考虑到GeoEast系统是数据密集型和计算密集型相结合的应用，浪潮公司用万兆以太网将各计算节点彼此互联，从而提高了数据传输能力；浪潮公司还为该系统配置了它独立研发的高性能计算服务平台，用户借此可以精确快速跟踪资源使用情况，有效管理运算过程中的系统环境；最后，浪潮还对GeoEast系统中的部分模块进行了应用优化，因此GeoEast系统获得了量级的性能提升。

盲目的担心无助于问题的解决，技术进步在这里再次帮助人们解决了问题。

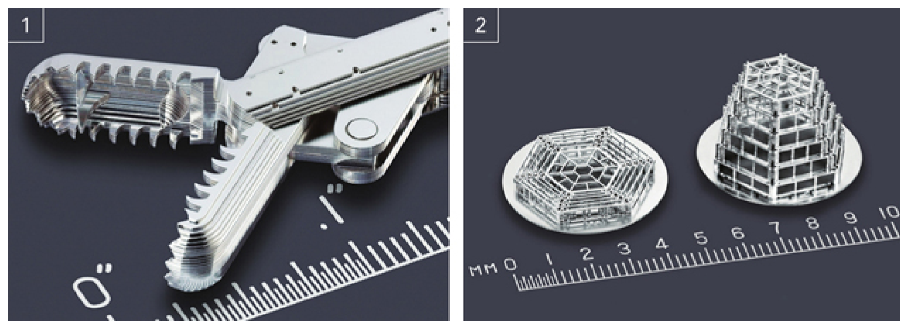
3D打印微型金属装置

撰文 | 迈克尔·贝尔菲奥尔（Michael Belfiore）
翻译 | 赵昌昊

研究人员从传统半导体加工工艺中得到灵感，开发了一种新的**3D**打印技术。

从商用电子设备到医疗器械，产品的尺寸都在不断缩小，这也给制造商带来了新的挑战：如何能制造出近乎微观尺寸的零件，同时又能完美呈现零件的细节部分？位于美国加利福尼亚州的Microfabrica公司，将逐层堆叠的3D打印技术与用于生产计算机芯片的金属离子电镀技术结合，研发出了一种新的生产工艺。这种工艺可以用5微米厚的金属层堆叠出极其精细的结构。相比之下，聚合物喷射3D打印机只能喷射出16微米厚的塑料层。

Microfabrica公司的新技术，不仅可用于制造各种新型工具，还可用于制造传统工具的"微缩版"。例如，该公司在美国国防部高级研究计划局推动的项目中，研制出了为计算机芯片散热的微型散热器，以及军用微型计时装置。Microfabrica公司还用该技术生产小型外科手术设备，包括一种直径不足1毫米的活体取样钳和一种带有联动装置、可随着细胞生长而扩展的组织支架。美国东北大学的机械与工业工程教授卡罗尔·利弗莫尔（Carol Livermore）对Microfabrica公司的技术大为称道，他说："我从未见过比它更精尖的3D打印技术。"



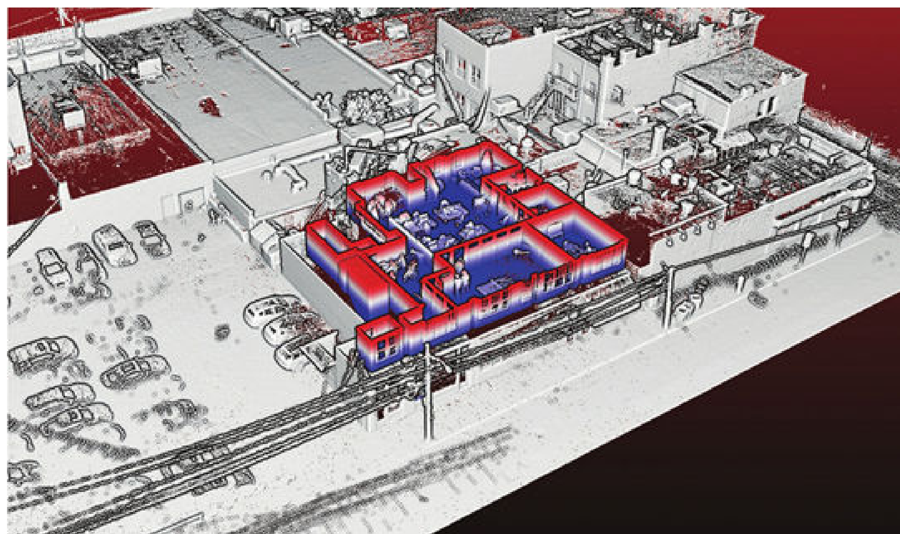
活体取样钳（**1**）和可扩展的组织支架（**2**）。

激光雷达绘制室内3D模型

撰文|迈克尔·贝尔菲奥雷（Michael Belfiore）
翻译|黄安娜

便携式激光测距仪可快速绘制建筑物内部的3D模型。

各大汽车制造商（包括行业新秀特斯拉和优步）正展开竞争，希望自家的无人车能尽快上路。这种竞争也催生了一些新技术，比如激光雷达。激光雷达使用方便灵活，可向多个方向散射激光，每秒钟能进行数万次测量，形成空间位置的点云数据（三维坐标点的集合）。计算机则对这些数据进行处理，由此得到车辆周围环境的连贯画面。



新设备的发明者宣称，利用升级后的激光雷达技术，不到半小时就能打印出一间办公室内部结构的3D模型。

德国匹兹堡的创业公司Kaarta对激光雷达进行了改造，使其价格更加亲民，处理速度也更快。这种被称作Contour的手持设备上安装了运动传感器、处理器和7英寸触摸屏。公司宣称，设计师、建筑师和其他任何人都可以在行走过程中，利用Contour快速形成周遭环境的3D模型。而且设备上的相机可以捕捉到色彩信息，对点云的信息进行补充，使3D模型更加真实。当需要对建筑进行改造或利用它进行其他项目时，

人们就可以通过计算机辅助设计软件调用这些3D模型，在模型基础上进行改造。

CEO（首席执行官）凯文·道林（Kevin　Dowling）称，大部分制造商仍在使用卷尺加画板的方法收集数据，然后将数据输入软件。相比而言，用Contour收集数据的方法远优于传统方法，而且该方法也更节省时间。

触觉地图帮助盲人过马路

撰文|安德烈亚·马克斯（Andrea Marks）
翻译|李想

触觉地图可以帮助盲人穿过日趋复杂的交通路口。

在许多城市，过马路实际是一件要承担生命风险的事情。官方数据显示，自2006年起，纽约因交通意外死亡人数的很大一部分都是行人。对于视力障碍人群而言，情况就更为严峻了。

Touch Graphics公司是一家致力于将传感信息融入导航技术的研发公司。2017年夏天，该公司的设计人员与纽约交通运输部门合作，在一个靠近盲人资源中心的繁忙十字路口，对一种具有立体触觉效果并配有盲文图注的地图进行了测试。该项目是纽约“降低行人交通死亡率”计划的一部分。Touch Graphics公司总裁史蒂文·兰道（Steven Landau）称：“如果测试成功，这些地图将安装在纽约所有的13,000个十字路口旁。”兰道认为，这些地图之所以重要，是因为街道的布局日益复杂，有视力障碍的行人很难知道在他们走下人行道后将会遇到什么。“丹麦和瑞典已经开展了类似技术的试验，不过在北美，纽约是第一个，旧金山和多伦多很快也会跟进。”兰道补充说。

兰道的团队采用紫外光印刷技术制作这些地图：地图表面涂抹油墨后，在晾干前被送到紫外光下完成加工。这种工艺可以用更少的油墨绘制更丰富的细节，尤其有助于生产需要足够清晰度和对比度的立体触觉地图。每一幅地图都通过立体的图形和明亮且高对比度的颜色，从8个可能过马路的位置来标识路口。盲文和标准字体标示行人的起始位置，虚线标示行走的路线。椭圆代表车辆，在每辆车的一端有凸起的箭头指明车辆在该车道内的行驶方向。黑色的线条代表自行车道，而隔离带和行人岛则按照实际形状标记在地图上。



标记车道数量和行驶方向的触觉交通地图可以帮助盲人安全地穿过路口。

密歇根大学从事触觉技术研究的赛尔·奥穆达赫里（Sile O'Modhrain，未参与本项研究）认为，这项技术将改变他们的生活。奥穆达赫里是一名盲人，她说安阿伯复杂的交通路口限制了她的活动范围。“这个主意真是太棒了，要知道，在过马路的时候我们总是很难知道具体要面对多少条车道。”奥穆达赫里说。“虽然能听出有多少车辆，也能分辨它们从哪个方向过来，”奥穆达赫里补充道，“但明确的车道标识还是会很有帮助的。”

新型液化气电池

撰文|马修·塞达卡（Matthew Sedacca）
翻译|马晓彤

以液化气作为电解质溶剂的电池，不仅更强劲还更安全。

2016年，许多三星Galaxy Note7用户在付出惨痛的代价后，明白了一个道理，电子产品中的锂离子电池是可燃甚至可爆的。这种电池需要依赖由有机溶剂和可溶性盐组成的电解液工作。电解液使离子能在被多孔膜隔开的电极之间自由移动，形成电流。但这些液体容易形成微型锂纤维树突结构，导致电池短路，短时间内产生大量热量。一项研究发现，以一种液化气作为电解质溶剂的电池，不仅会更强劲，还会更安全。

加利福尼亚大学圣迭戈分校的赛勒斯·鲁斯托姆吉（Cyrus Rustomji）和同事发现，以氟甲烷液化气等组成的溶剂，可以像传统的液质基底一样溶解锂盐。实验表明，在充放电400次后，这种新型电池的电量还能保持如初；而传统的锂离子电池则只剩20%左右的电量。并且，这种压缩气体电池还不会产生树突结构。相关研究结果已于2017年早些时候发表在了《科学》杂志上。

传统的锂离子电池被刺穿时，分隔电极的膜会破裂，电极会互相接触，发生短路，导致电池过热，甚至起火（在氧气进入的情况下，反应还会更剧烈）。该研究的第一作者鲁斯托姆吉说："氟甲烷液化气处于高压环境下，如果这种新型电池被刺穿，压力就会释放，液体就会汽化并逸出。气体逸出后，电解液不存在，离子也就不能自由移动，所以电池不会出现短路起火的情况。与传统的锂离子电池不同，这种电池在–60℃时仍可正常使用，所以它还可用于给高海拔无人机和远程航天器的设备供电。"

麻省理工学院材料化学教授唐纳德·萨多韦（Donald Sadoway，未参与此项研究）评论道："该发现表明，这类已被充分研究的液体还有新的用途。"但他也提醒研究人员，温度过高可能会导致电池中的液化气快速膨胀，发生危险。

我很欣赏《科学美国人》，因为它把世界科学更广泛地介绍给了读者。

——阿尔伯特·爱因斯坦

科学和艺术一样，都让我们的世界更加绚丽多彩，愿享誉百年的《科学美国人》传播科学精神，影响更多人。

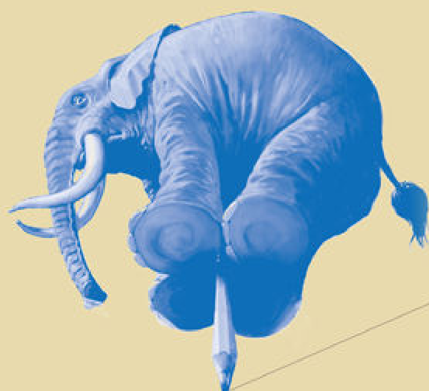
——钢琴家　理查德·克莱德曼



北京市科委科普
专项资助

"十二五"国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列
专栏作家文集



《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编

大象如何站在铅笔上

超乎想象的科学解读

作为读者，我们有责任去客观地分析所看到的报道，就像自己在进行调查取证一样。只有这样，你才能更加准确地了解真相。

——【美】史蒂夫 · 米尔斯基（Steve Mirsky）



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS



北京市科委科普
专项资助

"十二五"国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列
专栏作家文集



《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编

大象如何站在铅笔上

超乎想象的科学解读



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS
北京 BEIJING

Copyright © Foreign Language Teaching and Research Press 2014

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of Foreign Language Teaching and Research Press.

本书版权由外语教学与研究出版社独家所有。如未获得该社书面同意，书中任何部分之文字及图片，不得用任何方式抄袭、节录、翻印或存储利用于任何数据库及检索系统等。

Published by Foreign Language Teaching and Research Press

No. 19 Xisanhuan Beilu

Beijing, China 100089

http://www.fltrp.com

图书在版编目（CIP）数据

大象如何站在铅笔上 /《环球科学》杂志社，外研社科学出版工作室编．—北京：外语教学与研究出版社，2014.5

（《科学美国人》精选系列．专栏作家文集）

ISBN 978-7-5135-4425-2

Ⅰ．①大…　Ⅱ．①环…②外…　Ⅲ．①科学知识－普及读物　Ⅳ．①Z228

中国版本图书馆CIP数据核字（2014）第086889号

出版人　蔡剑峰
责任编辑　蔡　迪
封面设计　覃一彪
出版发行　外语教学与研究出版社
社　　址　北京市西三环北路19号（100089）
网　　址　http://www.fltrp.com
版　　次　2014年6月第1版
书　　号　ISBN 978-7-5135-4425-2

凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部
举报电话：（010）88817519
电子邮箱：banquan@fltrp.com
法律顾问：立方律师事务所　刘旭东律师
　　　　　中咨律师事务所　殷　斌律师

目录
Contents

分蛋糕的学问

防忽悠的心理学

汽油知多少

脑力劳动：饥饿催化剂

困于懒惰

恶心的医学

下半身思考

有种就吞下去

百折不挠是冠军

出场停赛

疯狂的高尔夫

噼噼啪啪做研究

骑车去冥界

读不了　存着走

140字的研究

每天用“苹果”　一周好生活

拼字游戏的心理危机

小孩子有大智慧

他们年轻　他们干劲十足

吃吃东西　跳跳舞

你信吗？你买吗？

遭遇智能马桶

大象如何站在铅笔上

挂羊头　卖狗肉

利润的泪花

无处打喷嚏

寻找征兆

许愿要当心

狗咬狗的故事
剃须未尽　斩草留根
苹果与奶酪
月球为什么不是由奶酪组成？
生命奇迹
最胖幻想
有啤酒的美好世界
有画为证
致命的娱乐
啊　硫醇　我的硫醇
厕纸的进化史
最残忍的一割
怎样让指纹消失
控告动物伤害罪
飞鸟投弹
八哥洗冤录
力挺鸟类
喵星人崛起
以“短”取胜
树懒不懒
消化道一游
拯救香蕉
西红柿为什么不甜了？
拉丁名中的奥秘
混乱的植物界
物种分类新论
人浪动力学
企鹅与官司
你是科盲法官吗？
岁末大派送
生命如赌场
诺贝尔奖得主的可敬面孔
两次天文航海

宅人的旅行
断层有罪　断案无理
摸到天的摩天楼
昨天的预言实现了吗？
未来就在眼前
末日之后　疯狂依旧
把死人交出来
简而言之
哦　我们已经升空

返回总目录

《科学美国人》精选系列

专栏作家文集

丛书顾问

陈宗周

丛书主编

刘　芳　章思英

褚　波　刘晓楠

丛书编委（按姓氏笔画排序）

王帅帅　刘　明　何　铭

罗　绮　蔡　迪　廖红艳

序

科学文化传播的新起点

李大光
中国科学院大学教授

“《科学美国人》精选系列·专栏作家文集”由外语教学与研究出版社（以下简称外研社）编辑出版。它的出版对中国推广现代科学知识和科学思维方式具有重要意义。对于工作繁忙、学习紧张，没有时间阅读每期《环球科学》（《科学美国人》中文版）的人来说，购买这套书，在业余时间阅读，基本就可以了解这一世界著名科学杂志的精彩内容。

《科学美国人》是世界上历史最悠久、最著名的大众科学刊物之一。该刊物于1845年由画家、企业家和出版商鲁弗斯·波特（Rufus M. Porter，1792～1884）创办。在过去将近170年的时间里，《科学美国人》由1845年的发布美国专利局（现为美国专利商标局）新闻的4页周报，发展成内容广泛的关于科学知识和科学文化的著名刊物，销量占据全球大众科学杂志的半壁江山。

任何作品和出版物都与其产生的历史背景有密切关系。《科学美国人》产生于欧洲工业革命时期，那时也是欧洲工业革命和科学技术发现对美国产生重大影响的时期。欧洲的工业化和科学技术发明不仅仅传播到北美大陆，同时也引发了美国19世纪中叶到20世纪初的科学发明高潮。在美国实用主义哲学思想和美国首部专利法案通过并颁布的影响下，爱迪生等发明家不仅带动了美国科学技术的发展，同时也奠定了美国经济发展的基础，与此同时，还产生了美国的探险文化和对客观事实的好奇文化。在这个背景下，美国文化形成了偏重于科学文化的模式。诞生于此时的《科学美国人》具有鲜明的科学与工业色彩，饱含无穷的探索和想象空间，同时还有对科学价值和科学文化的深刻反思。该刊的理念和内容吸引了众多科学家和技术发明家，很多知名科学家，包括爱因斯坦等，都曾给该刊投稿。除科学家之外，还有很多科学哲学家和科学人文学者在此发表关于科学与宗教、科学与伦理以及科学与社会之间关系的思考文章。

《科学美国人》进入中国已经有几十年了。虽然其中文版《环球科学》是按月出版的，但由于其中的内容非常前沿，即便时隔数月甚至数年之后来看，不少文章仍然可以带给我们不一样的启迪，让我们看到科学发展的历程。因此，精选这个著名杂志中适合中国人文化欣赏习惯和兴趣的文章，单独出一套精选系列，就具有了特殊的意义和价值。

“精选”自然有精选的方式和眼光。本系列精选的范围不仅仅是原版的《科学美国人》中的专栏文章，还包括中国科学家在《环球科学》上撰写的精彩文章。经过专业编辑们的谨慎遴选，这套丛书可谓是精品中的精品了。

本系列分为四册，分别是：

1．《大象如何站在铅笔上》——超乎想象的科学解读；

2．《外星人长得像人吗》——怀疑论对科学的揭秘；

3．《哀伤是一种精神病》——走出健康误区；

4．《对苹果设计说不》——科学达人的技术笔记。

其中，关于外星人的传说的文章对中国人的思维方式具有启发意义。作者迈克尔·舍默（Michael Shermer）是科学史博士，在关于伪科学的论述方面是比较著名的学者。他关于伪科学的定义和科学的定义在美国国家科学基金会（National Science Foundation）每两年发布一次的《科学与工程学指标》（*Science and Engineering Indicators*）中被多次引用，并成为科学方法定义的理论基础。他创办的《怀疑论者》（*Skeptic*）在科学文化领域具有重要影响。同时，他还成立了“怀疑论者协会”（The Skeptics Society），经常组织科学文化的研讨会。2002年，舍默的书《人为什么相信怪异的东西：伪科学、迷信与我们这个时代的迷惘》（*Why People Believe Weird Things: Pseudoscience, Superstition, and Other Confusions of Our Time*）在中国出版，获得好评。他的书对于识别各种所谓的“大师”和伪科学现象、培养国人的批判性思维具有重要意义。

除了科学的思维以外，在科学知识的表达方式上，中外也有很大区别。西方科学知识体系以美国为代表，其表述的基本特征是：

1．全球视野，关注的是世界范围内的重大事件以及产生的影响；

2．对科学技术知识的表述一般从使用者最有可能产生错误认识或者体验的角度展开讲解；

3．描述的角度极其新鲜，往往是读者难以想象的，因而起到的启

发效果奇好；

4．视野超前，即往往针对某个科学领域最先进的研究成果进行讲解。而且跟踪的多数是最好的研究机构或者科学家的研究成果，甚至是诺贝尔奖获得者的研究成果。这也是在过去的将近170年间，有100多位诺贝尔奖得主为其撰稿和该刊物持续畅销的原因之一。

《科学美国人》不仅仅是科学家和技术人员关注世界科学技术前沿动态的重要刊物，也是科学记者或科学作家了解美国和欧洲科学的优秀读物。由外研社出版的“《科学美国人》精选系列”集合了该杂志里最好的作品，通过精选、编辑、再创作呈现给读者。该系列既是大众科学文化创作领域的教科书，也是供中国科学家和技术人员在撰写大众科普文章时参考的极具价值的优秀作品。

外研社是中国引进外国先进文化的重镇，也是中外文化交流的研究机构。外研社将科学文化作品作为出版重点，说明中国文化正在向先进的前沿领域挺进，也说明世界正在向科学技术文化领域迈进。在科学文化领域中，中国应该认真学习西方的先进经验，逐步形成用理性思维方式看待身边世界和各种现象的潮流，这是民族文化得以进步的力量源泉之一。一个民族在世界上的地位不仅仅靠经济指数，也不仅仅靠军事力量，只有同时具备科学文明的民族才会赢得世界的尊重。从这个角度讲，我希望这套书能成为外研社在科学文化传播中的新起点。

科学奇迹的见证者

陈宗周
《环球科学》杂志社社长

1845年8月28日，一张名为《科学美国人》的科普小报在美国纽约诞生了。创刊之时，创办者鲁弗斯·波特（Rufus M. Porter）就曾豪迈地放言：当其他时政报和大众报被人遗忘时，我们的刊物仍将保持它的优点与价值。

他说对了，当同时或之后创办的大多数美国报刊都消失得无影无踪时，近170岁的《科学美国人》依然青春常驻、风采迷人。

如今，《科学美国人》早已由最初的科普小报变成了印刷精美、内容丰富的月刊，成为全球科普杂志的标杆。到目前为止，它的作者，包括了爱因斯坦、玻尔等151位诺贝尔奖得主——他们中的大多数是在成为《科学美国人》的作者之后，再摘取了那顶桂冠的。它的无数读者，从爱迪生到比尔·盖茨，都在《科学美国人》这里获得知识与灵感。

从创刊到今天的一个多世纪里，《科学美国人》一直是世界前沿科学的记录者，是一个个科学奇迹的见证者。1877年，爱迪生发明了留声机，当他带着那个人类历史上从未有过的机器怪物在纽约宣传时，他的第一站便选择了《科学美国人》编辑部。爱迪生径直走进编辑部，把机器放在一张办公桌上，然后留声机开始说话了："编辑先生们，你们伏案工作很辛苦，爱迪生先生托我向你们问好！"正在工作的编辑们惊讶得目瞪口呆，手中的笔停在空中，久久不能落下。这一幕，被《科学美国人》记录下来。1877年12月，《科学美国人》刊文，详细介绍了爱迪生的这一伟大发明，留声机从此载入史册。

留声机，不过是《科学美国人》见证的无数科学奇迹和科学发现中的一个例子。

可以简要看看《科学美国人》报道的历史：达尔文发表《物种起源》，《科学美国人》马上跟进，进行了深度报道；莱特兄弟在《科学美国人》编辑的激励下，揭示了他们飞行器的细节，刊物还发表评论并

给莱特兄弟颁发银质奖杯，作为对他们飞行距离不断进步的奖励；当“太空时代”开启，《科学美国人》立即浓墨重彩地报道，把人类太空探索的新成果、新思维传播给大众。

今天，科学技术的发展更加迅猛，《科学美国人》的报道因此更加精彩纷呈。新能源汽车、私人航天飞行、光伏发电、干细胞医疗、DNA计算机、家用机器人、“上帝粒子”、量子通信……《科学美国人》始终把读者带领到科学最前沿，一起见证科学奇迹。

《科学美国人》也将追求科学严谨与科学通俗相结合的传统保持至今并与时俱进。于是，在今天的互联网时代，《科学美国人》及其网站当之无愧地成为报道世界前沿科学、普及科学知识的最权威科普媒体。

科学是无国界的，《科学美国人》也很快传向了全世界。今天，包括中文版在内，《科学美国人》在全球用15种语言出版国际版本。

《科学美国人》在中国的故事同样传奇。这本科普杂志与中国结缘，是杨振宁先生牵线，并得到了党和国家领导人的热心支持。1972年7月1日，在周恩来总理于人民大会堂新疆厅举行的宴请中，杨先生向周总理提出了建议：中国要加强科普工作，《科学美国人》这样的优秀科普刊物，值得引进和翻译。由于中国当时正处于“文革”时期，杨先生的建议6年后才得到落实。1978年，在“全国科学大会”召开前夕，《科学美国人》杂志中文版开始试刊。1979年，《科学美国人》中文版正式出版。《科学美国人》引入中国，还得到了时任副总理的邓小平以及时任国家科委主任的方毅（后担任副总理）的支持。一本科普刊物在中国受到如此高度的关注，体现了国家对科普工作的重视，同时，也反映出刊物本身的科学魅力。

如今，《科学美国人》在中国的传奇故事仍在续写。作为《科学美国人》在中国的版权合作方，《环球科学》杂志在新时期下，充分利用互联网时代全新的通信、翻译与编辑手段，让《科学美国人》的中文内容更贴近今天读者的需求，更广泛地接触到普通大众，迅速成为了中国影响力最大的科普期刊之一。

《科学美国人》的特色与风格十分鲜明。它刊出的文章，大多由工作在科学最前沿的科学家撰写，他们在写作过程中会与具有科学敏感性和科普传播经验的科学编辑进行反复讨论。科学家与科学编辑之间充分交流，有时还有科学作家与科学记者加入写作团队，这样的科普创作过程，保证了文章能够真实、准确地报道科学前沿，同时也让读者大众阅

读时兴趣盎然，激发起他们对科学的关注与热爱。这种追求科学前沿性、严谨性与科学通俗性、普及性相结合的办刊特色，使《科学美国人》在科学家和大众中都赢得了巨大声誉。

《科学美国人》的风格也很引人注目。以英文版语言风格为例，所刊文章语言规范、严谨，但又生动、活泼，甚至不乏幽默，并且反映了当代英语的发展与变化。由于《科学美国人》反映了最新的科学知识，又反映了规范、新鲜的英语，因而它的内容常常被美国针对外国留学生的英语水平考试选作试题，近年有时也出现在中国全国性的英语考试试题中。

《环球科学》创刊后，很注意保持《科学美国人》的特色与风格，并根据中国读者的需求有所创新，同样受到了广泛欢迎，有些内容还被选入国家考试的试题。

为了让更多中国读者了解世界科学的最新进展与成就、开阔科学视野、提升科学素养与创新能力，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社展开合作，编辑出版能反映科学前沿动态和最新科学思维、科学方法与科学理念的"《科学美国人》精选系列"丛书，包括"科学最前沿"（已上市）、"专栏作家文集"、"诺奖得主文集"、"经典回眸"和"科学问答"等子系列。

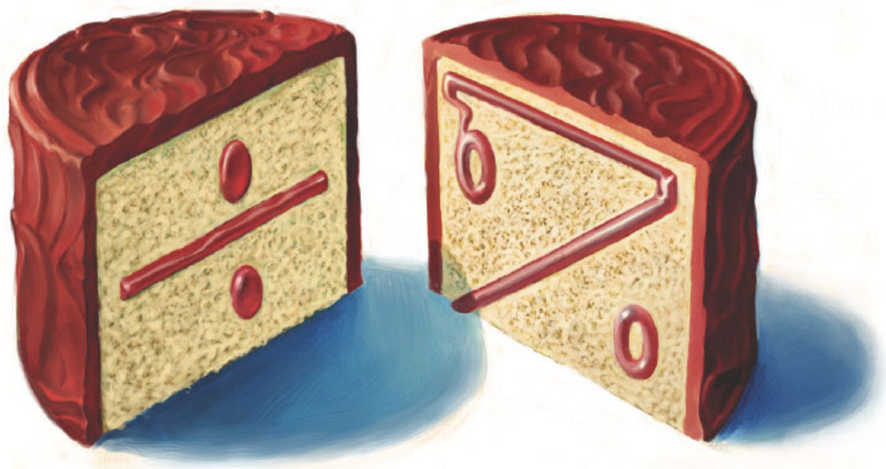
丛书内容精选自近几年《环球科学》刊载的文章，按主题划分，结集出版。这些主题汇总起来，构成了今天世界科学的全貌。

丛书的特色与风格也正如《环球科学》和《科学美国人》一样，中国读者不仅能从中了解科学前沿和最新的科学理念，还能受到科学大师的思想启迪与精神感染，并了解世界最顶尖的科学记者与撰稿人如何报道科学进展与事件。

在我们努力建设创新型国家的今天，编辑出版"《科学美国人》精选系列"丛书，无疑具有很重要的意义。展望未来，我们希望，在《环球科学》以及这些丛书的读者中，能出现像爱因斯坦那样的科学家、爱迪生那样的发明家、比尔·盖茨那样的科技企业家。我们相信，我们的读者会创造出无数的科学奇迹。

未来中国，一切皆有可能。

陈宗周



分蛋糕的学问

切蛋糕前，先来作作数学分析。

在梅尔·布鲁克斯（Mel Brooks）的电影《制片人》（*The Producers*）[1]中，马克斯·比亚里斯托克（Max Bialystock）和利奥·布卢姆（Leo Bloom）炮制了百老汇音乐剧《希特勒的春天》（*Springtime for Hitler*），并合谋套取25,000%的利润。（“安然事件”[2]是这部片子的现实版。）在剧中，两位主角曾有过片刻的反省，一方问道：“一部音乐剧杂七杂八加在一起，可以卖掉百分之多少？”另一方轻轻地回答：“任何东西，你只能卖出它的百分之百。”直到后来，我终于领悟了这种说法。

一个数学家、一个政治学家和一个经济学家共聚在酒吧。等等，不对，应该是一个数学家、一个政治学家和一个经济学家合写了一篇论文。别吃惊，这是真的。他们指出，在特定情况下，两个人在分完某样东西以后，都会觉得自己得到的那份比较多。当然，这可不是魔术师用镜子和烟雾制造出来的幻象。

这篇论文刊登在《美国数学学会通报》（*Notices of the American Mathematical Society*）2006年12月刊上，标题是《切蛋糕的更好方法》（*Better Ways to Cut a Cake*）。它论及的绝不是研习磨刀技术。实际上

它真正论及的是，在分割物品时，最大限度地满足各方需求的理论与方法——对于一场生日聚会而言，各方就是分享蛋糕的那些人。“我们用蛋糕来比喻各类可以分割的物品，不同的人对它有着不同的偏好。”美国蒙特克莱州立大学（Montclair State University）的数学家迈克尔·琼斯（Michael Jones）这样解释道。这块蛋糕是一种象征，它可以是一块既有树林又有海滩的土地，也可以是一套公寓——小房间可以观景，而大房间则没有窗户，还可以是一只鸡——既有鸡胸肉，又有鸡腿肉。

不过，这块蛋糕却无法代表馅饼（pie）。事实上，对于蛋糕切分理论，数学家有着悠久的研究历史（虽然仍显不足和陈腐），这种理论研究如何一刀划分整个空间。有一篇关于馅饼切分理论的文献写道，馅饼的切法是从中心开始下刀，然后呈放射状地往外切。所以，完全切开一块馅饼需要两刀。不过，琼斯指出，从数学的角度上说，“你可以把蛋糕看作一块已经切了一刀的馅饼”。听上去，这像是隐居在山顶的智者会对贝蒂·克罗克（Betty Crocker）[3]说的话。

不管怎样，还是回到费伯学院[4]的返校日聚会上来。现在的任务就是要切蛋糕。如果两个人用传统的手段切分蛋糕，那么方法相当简单，而且历史比玛丽·安托瓦内特（Marie Antoinette）[5]提议民众吃蛋糕的年代还要久远。这个方法就是：一人切，另一人选。如此一来，切蛋糕的人会力求切分均匀，因为他知道，如果稍有不公，自己必定会得到较小的那块。

但是这种切分方式对某些蛋糕来说就行不通了。琼斯说道：“举例来说，如果一个蛋糕一半是巧克力口味，一半是香草口味，而一方更喜欢巧克力口味，另一方却没有偏好，那么就存在某种切法，可以令他们在感觉上都得到了大半个蛋糕。”欢迎你在家中一边喝咖啡、品尝丹麦甜点，一边好好温习一下切分过程涉及的公式。尤其是当两个以上的人分享蛋糕时，这个过程会变得相当复杂。但是，在两个人分享巧克力香草蛋糕的例子中，你就能明白这个道理：如果喜欢巧克力口味的人得到了巧克力部分的80%（尽管只占了整块蛋糕的40%），他就会感觉占了便宜。而他那位没有偏好的伙伴，在得到剩下60%的蛋糕时，自然也会心满意足。可见，蛋糕制作商把蛋糕做得越来越复杂，把价格标得越来越高，其实是有经济动因的。

这个蛋糕切分理论可以应用于诸多场合，例如土地分割谈判等。它也间接地阐明了安然公司图谋的不完备之处。因为，虽然这个理论证明

你真的可以感觉到拥有多于百分之百的蛋糕，但是至少你得先有一个蛋糕。（翻译　姬十三）

注释

1．《制片人》，拍摄于1968年的经典荒诞喜剧片。故事讲述的是一位落魄的原百老汇制片人跟一个“高级经济师”联手，吸引风险投资家出钱排演《希特勒的春天》，再阴谋搞砸这部剧，好让投资全都落入他们个人的腰包。未曾想，那部“大话希特勒”版的闹剧大受欢迎，他们的计划也因此暴露，两个人被双双送上法庭。2005年，美国好莱坞曾翻拍此片。

2．安然公司曾经是叱咤风云的“能源帝国”，2000年总销售收入高达1,000亿美元，名列《财富》（*Fortune*）“美国500强”的第7位。2001年10月，安然公司第三季度财务报表公布，公司亏损6.18亿美元，随后该公司的财务造假被揭露出来。两个月后，安然公司申请破产保护，成为美国历史上最大的破产企业。

3．贝蒂·克罗克，上世纪20年代美国一家食品公司创造出来的虚拟人物，最初是为了回答顾客提出的各种有关烘焙食品的问题。后来，贝蒂·克罗克出现在广播中，开办了美国第一个烹饪类节目，并迅速走红，成为美国家喻户晓的食品烹饪专家。现在，这个名字还成了食品和厨具的品牌——贝蒂妙厨。

4．费伯学院，1978年拍摄的美国喜剧《动物屋》（*Animal House*）中的学院。《动物屋》被评为史上50部最伟大的喜剧电影之一，曾经风靡美国校园。

5．玛丽·安托瓦内特，奥地利皇帝弗兰茨一世的女儿，19岁成为法国国王路易十六的王后。她不了解民情，当知道老百姓没有面包果腹时，惊讶道：“他们怎么不吃蛋糕啊！”



防忽悠的心理学

了解说服规律，你就可以和销售员周旋到底。

它忠心耿耿，但不是普利茅斯的勇士；它载我到新去处，但不是福特的探险者；它可在树下停放，但不是丰田的红杉（那棵树是枫树）。它是我现在的座驾，一辆1992年的本田思域。它甚至还有个气囊，不过是司机专用的。岁月流逝，我这部座驾也过时了，因为我的乘客们也想要气囊，我承认到了换车的时候了。

况且，车上的空调也坏了有8年了。我经常想要解决这个问题，可是在这么一部账面价值为0的车子上投下1,000美元实在不明智。仔细一算，花钱修理的结果不是得到一辆带空调的车，而是一部能跑的空调。

于是，我走进了汽车市场，也就是说，我要去和美国商贸史上受讽

刺、被谩骂最多的人物——汽车推销员打交道了。幸好，走进展示厅的我有备而来——我读了社会心理学家罗伯特·西奥迪尼（Robert B. Cialdini）发表在《科学美国人》（*Scientific American*）2001年2月刊上的《说服的科学》（*The Science of Persuasion*）。在文中，西奥迪尼概括了转变他人想法、控制他人行为的几种基本方法。明白了这些方法，也就对劝说有了免疫，不会再当冤大头了。

比方说，当第一家车行里那个啰啰唆唆的推销员发现（或捏造）他和我有相同的背景，我就知道他是在和我套近乎，因为如果对方是我们喜欢的人，我们为他做某件事的可能性就会大得多。可他的这一招并没有奏效。

几天后他打来电话，说我看过的车子减价了，而且“只在今天”。我明白他是在使用稀缺策略，因为机会有限时，我们更易受到诱惑，贸然出手。要不是那辆车的右侧视野同样有限，我说不定就上钩了。“只在今天”的优惠实在是个诱人的选择（如果我能保证从此开车只往左转的话）。

第二家车行的推销员在试车时就坐在我身边。他在车子经过一家加油站时说：“乖乖，你看那价格高的。”我知道他的言外之意：他的车子能节省高价燃料。作为社会性动物，人类具有回报他人的天性。看样子，这位推销员在帮我节省未来的汽油开支，这就让我更容易在当时买下车子，回报于他。可惜那车子仿佛是一只叮当乱响的罐子，颠得人骨头散架，这让他那从理论上显示出的慷慨大方打了折扣。

来到第三家车行，我遇见了一位不紧不慢的推销员。不管那是不是他的销售策略，我都挺喜欢他的这种风格。他的车我也喜欢，于是就买下了。可到了提货的时候，我却失望地在那辆崭新车子的引擎盖上发现了一道又长又丑的划痕。接待我的推销员那天出去了，他们说我得找业务经理商谈。那位经理大人坐在一块高出展示厅2英尺（约60厘米）的平台上。这一招当然是为了把他塑造成权威人物（再来件黑袍、一把木槌就更像了），因为我们对于权威人物总有一种天然的信任和服从。

然而，我的知识又一次给我打了预防针。当我告诉他不去掉划痕我就不收货时，这位经理对我使出了互惠律和稀缺律。他说：“你知道，我们是费好大劲才为你搞到这辆车的。”我立马搬出自己的稀缺律回击——我从口袋里掏出支票说：“好嘛，我也是费了好大劲才挣到这些钱的，等车子没问题了再打电话给我。”

结果第二天他们就打来电话了。当然了，你我都知道，我挣这些钱并不费劲，但这个就作为我们之间的小秘密吧，大家都是朋友嘛，对吧？（翻译　红猪）



汽油知多少

油价飙涨的年代，提高汽油里程数有高招。

2009年5月19日，美国总统贝拉克·奥巴马（Barack Obama）宣布了新的联邦油耗标准：到2016年，全美轿车和轻型卡车的油耗标准应达到每加仑35.5英里（约每升15.1千米）。这略低于我开了17年的本田思域在高速公路上的里程数。

新标准的要求并不算高。在采访中，一位汽车保险专家告诉我："这些年，汽车的平均油耗标准已达到每加仑27.5英里（约每升11.7千米），但这个'平均油耗标准'很没谱，计算方法简直可笑。"只要当橡胶轮胎碰到路面，35.5就会变成32或28，甚至变成通用汽车在2016年的股价。

话虽如此，新标准毕竟是个创举（就像我20世纪70年代那辆平庸的普利茅斯），现已初见成效（就像我80年代那辆差劲的普利茅斯），如果实施顺利，不仅能减少对进口石油的依赖（就像我那辆破旧不堪的普利茅斯），还能促进环保和改革事业的发展。但这就苦了大油耗车的车迷。美国俄克拉何马州参议员汤姆·科伯恩（Tom Coburn）几乎是含泪追问："要是想开大油耗车可怎么办？身为国民，难道就没有花钱开大油耗车的权利吗？"

参议员大人，对你的痛苦我深表同情。这里我运用美国人的聪明才智给你支一招：细心保养，适当驾驶，从每加仑（1加仑约为3.8升）汽油中挤出的里程数会比美国联邦政府规定的任何标准都多得多。相反，如果按以下几条方法操作，则能把任何高能效汽车变成鲸吸牛饮的石油猪：

猛然启动。这既费油，噪声又大，操作简单，其他司机一定不怀疑你的钱多得烧得慌。

多踩油门和刹车。这能让汽车的油耗标准，也就是汽油里程数降低1/3。

从你的字典中去掉“恒速操纵”（Cruise Control）一词，除非你想阻止汤姆·克鲁斯（Tom Cruise）详述精神病史，或者不让他跳上奥普拉（Oprah）的沙发（影星汤姆·克鲁斯公然反对心理治疗，并在主持人奥普拉的访谈节目中跳上沙发）。

别给轮胎打满气。举手之劳，却能增加3%的能耗，值得一试。

千万别给爱车升级换代。这个有意的忽视会再增加4%的能耗。

尽可能让引擎空转。这是降低效率最有效的办法，能让里程数降到每加仑0英里；比这更厉害的是用障碍物堵住车子，然后在油门上压块砖头。（千万别在车库里试第二种方法，因为碳排放有害健康，尽管有些人硬说无害。）

能绑在车顶的东西，千万别藏到车里。空气阻力能拉低里程数。开空调的时候打开车窗，这样也能增加阻力。

千万别一次去几个地方。如果超市隔壁就是干洗店，那么先去超市，买完日用品回家放好后，再去干洗店（他们可能需要点时间来洗完上一批衣物）。那外出的最佳时机呢？当然是交通高峰期。塞车是降低汽油里程数的最佳办法。

最后，重物带得越多越好。把《科学美国人》（*Scientific American*）的过刊从地下室拖出来，统统堆进行李箱。后座和地板也别空着。各种杂志、报刊、书籍也能为浪费燃料作贡献。如果你前卫到只习惯电子阅读，也可以在车里装满木材、水泥和金条。到2016年，购买汽油时还能用得上。

如需了解更多此类窍门，请登录美国联邦政府的油耗提示网站www. fueleconomy.gov，并对照列表中的建议，逐一反其道而行之。这样，参议员科伯恩大人就能提高汽车的平均油耗了。总有一天，他们

会把油门踏板从我这样踩油门畏畏缩缩的人的脚下撬走。（翻译　红猪）



脑力劳动：饥饿催化剂

从自助餐到零食，科学发现一览。

我常常自问：为什么每次写完一篇文章，总会觉得肚子饿呢？现在我明白了。

《心身医学》（*Psychosomatic Medicine*）杂志上刊登的一项研究认为，脑力劳动会导致热量摄入大幅增加——没错，我把写作这玩意就称为脑力劳动。研究人员让14名加拿大学生在不同时间内完成三项任务：放松坐定、阅读一篇文章后概述大意、完成一系列记忆和注意力测试。在三项任务上各自花费45分钟之后，学生们得到了一顿放开肚皮尽管吃的自助午餐。之所以选择加拿大，是因为加拿大拥有一套先进的人类学研究的伦理规范。

上述每项脑力劳动需要燃烧的热量，仅比放松状态下多3卡路里。然而，在学生们总结完文章大意，站到自助餐桌前时，摄入的热量却较放松状态多了203卡路里；在完成记忆与注意力测试后，摄入的热量较放松状态多了253卡路里。通过对实验前、实验中、实验后所取血样的分析，研究人员发现，思考导致了葡萄糖和胰岛素水平大幅振荡。因为葡萄糖为神经元提供能量，脑部一旦缺乏葡萄糖就会向胃部发送信号，胃部则驱动双手将嘴塞满，即使脑部仅消耗了少量能量也照塞不误。这些研究人员写道："脑力劳动后过度补充热量，加上人们在从事脑力劳动时缺乏体力活动，是导致肥胖的原因之一。"好好想想这句话吧——除非你正在节食。

说到卡路里，不妨再说两句。据美国《科学》（*Science*）杂志报道，美国麻省理工学院（*Massachusetts Institute of Technology*）、纽约大学（*New York University*）与比利时布鲁塞尔自由大学（*Free University of Brussels*）的数学家设计了一种更好的方法来包裹巧克力球。以往，人们多用正方形锡箔或纸张包裹巧克力，造成大量浪费。但我们这几位不屈不挠的几何学家发现，如果将包装纸的形状换成等边三角形，则每包一枚巧克力就能节省0.1%的包装纸。这样一来，每吃1,000枚用三角形包装纸包装的巧克力球，就能省下一整张正方形包装纸啦！

既然说到零食，不妨引申几句。美国化学协会（*American Chemical Society*）的《天然产物杂志》［*Journal of Natural Products*，注意，这

可不是幻图出版社（*Fantagraphics Books*）的《天然先生传》（*The Book of Mr. Natural*）[1]] 报道说，在大麻中发现的几种化合物或许能够预防抗药性细菌感染。科学家自然早就知道大麻中含有抗菌成分，但由于缺乏启动资金，研究无法顺利进行，因此关于大麻潜在功能的研究少之又少。

在这项新研究中，研究人员提取了大麻中的五种成分，并对超级毒物MRSA（methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*，即抗甲氧西林金黄色葡萄球菌）进行测试，结果发现每种成分都对细菌造成了很大破坏，而且其中两种成分似乎对精神没有任何影响——这意味着这两种成分可以制成药物，且不会导致患者精神极度兴奋：因为失控的葡萄球菌（*Staphylococcus*）感染已经让这些在医院的病床上瘫软数周的患者倍感恐惧，没人会希望再用一种对他们的情绪火上浇油的抗菌药吧。（翻译　红猪）

注释

1．《天然先生传》，一部美国漫画书。



困于懒惰

改变越多，越背离初衷。

这篇文章我交稿很晚。就是开不了头，没精打采。你们该了解这种

情形。

幸好，编辑不能拿我怎么样，因为我愉快地发现是一种疾病造成我的拖拖拉拉：显然，我受到了“动机缺乏症”的困扰。被我在《岁末大派送》这篇文章里夸赞过的《英国医学杂志》（*British Medical Journal*），在2006年4月1日那期报道了这个新奇的毛病。那篇文章中写道，“极度懒散可能有医学上的解释，一批知名的澳大利亚科学家称它为动机缺乏症（motivational deficiency disorder, MoDeD）。”（MoDeD挺容易跟Mos Def[1]搞混，但后者肯定没有患这种病。）

莱特·阿戈斯（Leth Argos）医生是这种疾病的发现者之一，文章接着引用了他的话。他对懒散的这些描述应该算是破绽百出，即使你忘了文章的发表日期，也会发觉这不过是个愚人节的玩笑。随后，动机缺乏症的披露捎带出一种名为Strivor的药物，据称，该药可以成功治愈此病，能令“以前离不开沙发的年轻人像投资顾问一样拼命干活”。想想这个可怕的副作用吧。

然而，玩笑自有它的用意：这篇文章的意图便是将人们的眼球吸引到一个关于“贩卖疾病”的研讨会上去，所谓“贩卖疾病”，就是要用医学方法解决日常问题，把身体的种种不适都看作疾病，从而为一些药品打开市场。不过，这种噱头倒是暗合了一种确实存在的毛病。随便在互联网上一搜，我们便能发现，无数媒体都毫不怀疑地引用了《英国医学杂志》的这篇报道。这正是动机缺乏的新闻界。

来点真实的新闻：在美国，恐怖袭击预警愈加频繁，以致人们对恐怖袭击的担忧也快成了新的病症（尽管人们最常见的死因还是心脏病、癌症、酒后驾车或行车中接听电话）。然而，美国的预警能力还远不够完善，这使得原本竞选美国联邦紧急措施署（Federal Emergency Management Agency，FEMA）[2]主席等要职的7名候选人告知《纽约时报》（*The New York Times*），称将不再参与选举，原因是他们认为政府对应急管理并不上心。

我提到这个问题仅仅是因为美国肯塔基州议员哈罗德·罗杰斯（Harold Rogers）的一番话，他是掌控美国国土安全部财政大权的众议院小组委员会主席，自然也掌握着联邦紧急措施署的经济命脉。他言之凿凿：“在此地我要告诉你们，紧急措施署需要的是一个长久的领导人，那些地区及分支主管们不能再只做表面文章，而要行使起长期职责来。

因为我希望在关键时刻能有人担当得起责任。”

罗杰斯的这句“在此地我要告诉你们”，令人回忆起另一段几乎以同样语句开场的演说。美国前总统约翰·肯尼迪（John F. Kennedy）在就职演说中讲道：“让我们的朋友和敌人同样听见我在此时此地的讲话：火炬已经传给新一代美国人。这一代人在本世纪诞生，在战争中受过锻炼，在艰难困苦的和平时期受过陶冶，他们为我国悠久的传统感到自豪——他们不愿目睹或听任我国一向保证的、今天仍在国内外作出保证的人权渐趋毁灭。”在45年中，这个“在此时此地的讲话”，居然从民族精神和象征的全面总结，沦落为欲寻紧急措施署当家人而不得的无力告白，想想动机缺乏症吧。（翻译　姬十三）

注释

1. Mos Def，美国著名的嘻哈（hip-hop）歌手。
2. 美国联邦紧急措施署，“9·11”以后，已划归美国国土安全部管辖。



恶心的医学

医学就是艺术加科学加忍住干呕。

长篇连续剧《陆军野战医院》（*MASH*）里描绘了一群不知疲倦、恪尽职守的外科医生。另一部长篇连续剧《急诊室的故事》（*ER*）则表现了英勇的急诊工作者所面临的复杂问题。而2013年完结的情景喜剧《我为喜剧狂》（*30 Rock*）里同样刻画了一位名叫利奥·斯贝斯曼（Leo Spaceman）的医生。

不知什么缘故，这位斯贝斯曼（也可以叫他太空人）大夫什么科都能看，精神科、器官移植、眼科、产科，样样都行。当一个刚刚当上父亲的男人问斯贝斯曼，自己刚出生的孩子为什么“全身都是黏黏的”时，这位医生回答：“因为这事就是这么恶心。”

生孩子确实特别麻烦。但是仔细地思考一下医学领域就会发现，正如斯贝斯曼所说，医学整体上就是恶心的。这自然也引出了我们下面的

话题：粪便移植。

这种手术的学名为“粪菌移植”（fecal microbiota transplantation，FMT），手术时将一小份来自捐赠者体内的、经稀释的粪便移植到接收者的结肠里（够恶心的）。手术的目的是将健康的肠道菌群植入缺乏这些细菌的人体内（试想数十亿的微生物在你的肠道内游动的画面）。多项研究证明，粪便移植的细菌大军能够有效遏制难治的梭状芽孢杆菌（*Clostridium difficile*）结肠炎，而那正是严重腹绞痛和频繁血痢的罪魁祸首（已经反胃了）。传统的抗生素治疗就像细菌世界的大屠杀，会扰乱肠道细菌多样性（这种多样性能保证人体健康），而且往往不起作用。有研究者因此在《临床胃肠病学杂志》（*Journal of Clinical Gastroenterology*）上撰文，说FMT应该是优先考虑的选择，而不是迫不得已的选择（读医学期刊，呕）。

可惜的是，美国食品药品管理局（Food and Drug Administration, FDA）已颁布命令，禁止这些细菌骑士随便出征。2013年5月，FDA要求医生在实施FMT手术前填写研究型新药申请表。医学博士朱迪·斯通（Judy Stone）于她在《科学美国人》（*Scientific American*）网站开设的博客“从分子到医药”（Molecules to Medicine）中坦言，新规定将花费更多的时间和金钱，FMT的使用也将因此受到影响。斯通特别指出了阻碍FMT普及的一大原因，并称其为“恶心因素”（“ick factor”）：“至今为止，在我所建议的移植手术案例中，最大的阻力不是来自病患或家属，因为这些人急切地想要缓解症状，对手术求之不得。阻力主要来自其他医护人员，尤其是内科医生，他们似乎对此特别反感。”他们认为粪便移植太恶心，但腹绞痛和血痢就很美好吗？

为了消除粪便移植手术中的恶心因素，我要重申前面的观点：医学整体上就是恶心的。

在电影《非洲女王号》（*The African Queen*）中，奥斯卡最佳男主角奖得主亨弗莱·鲍嘉（Humphrey Bogart）之所以能够忍受被恶心的蚂蟥爬满全身，是为了让外科医生能有足够的时间来为他接上断指。而在现实中，蚂蟥的运用常常出现在创伤治疗中心里或显微手术中，因为它们能够制造天然的抗凝血剂，因此被用来维持血液流动。

蛆常常被用来吞食各种伤口周围的腐肉，因为它们清洁伤口的能力比医生还要强。“蛆疗法”当然不好听，于是以“幼虫疗法”取而代之，后来又改为“生物外科”，使得名字里彻底没有了“蛆”，但它们还是会出现

在伤口里。

顺便给FMT的支持者提个醒：为了营销，“粪”字应该尽量避免。“核磁共振”（nuclear magnetic resonance）被改称“磁共振成像”（magnetic resonance imaging）不是没有道理。是的，不能有“核”（nuclear）字。

蚂蟥和蛆已经很好地证明了我关于“医学是恶心的”这个观点。再来看几个更接地气的例子：我们的脚上有趾甲真菌、脚趾囊肿、锥状趾、脚臭等种种问题；皮肤科医生要对付源源不断的皮疹、疣和痣；牙科医生要把手伸进陌生人的嘴里；骨科医生要挪动骨头的位置；耳鼻喉科医生就是来对付耳屎、鼻屎和痰的；脑外科、器官移植、泌尿科、直肠科、妇科，全都是恶心的。哪怕是儿科大夫送给你孩子的棒棒糖，也终究会令你的汽车仪表盘在你开车回家的路上沾满孩子黏糊糊的口水和手上的脏东西。

去听听寄生虫学的讲座吧，只消看一眼麦地那龙线虫的照片，你就会巴不得来点干净单纯的东西，比如朋友的大便。所以各位不妨放开怀抱，笑对微生物组移植。因为医学嘛，反正和它有关的都是恶心的。

（翻译　红猪）



下半身思考

关于身体某些部位的最新消息。

近来我听到一桩最为愚蠢的事，它竟然发生在英国，这令我相当震惊——我原以为这种事情应该出现在美国。无论如何，事情已经发生：一位政府部长称，英国有些年轻孕妇在怀孕期间故意吸烟以降低胎儿的体重，让分娩更为顺利。

这听起来比吸烟本身更凶险，不是吗？去给脑袋缠个绷带吧，如果你刚才曾吃惊到昏倒过去，还撞破了头的话。我重申一下，这是我听过的最最愚蠢的事情，很能说明一些现实的社会问题。

据一份护士杂志报道，英国公共卫生部长卡罗琳·弗林特（Caroline Flint）透露，“怀孕期间应当吸烟”这一观念是年轻女性和健康专家们告

诉她的。讽刺的是，她还曾在英国工党会议上讨论过这种方法。

对于那些沉迷于这种焦油–尼古丁式的分娩方法，并且还觉得这恰恰是遵照医嘱的那些女性，我给个建议，去换一个医生吧。体重太轻会在很多方面对婴儿造成不利的影响，对减轻分娩痛苦也帮助甚微。此外，还有很多种有效减轻痛苦的方法可供选择，比如使用药物。作为一个男人，我永远都不会有福气感受将一个小生命从一个孔洞里生出来时那种撕心裂肺的痛苦，但如果我真的面临这样的情况，并且有药物能帮助减轻痛苦的话，我绝对会引用莫莉·布卢姆（Molly Bloom）[1]的话："是的，我如是说我就会如是做。"（很巧，这恰好也是莫莉最后不再怀疑无痛分娩的原因，不过这又是另外一个没有任何标点符号的漫长故事了。）

还有一些消息来自腰部以下。我在广播中听到，一位纽约整形外科医生正在寻找关于臀部手术的工作（一定也引起你的关注了吧），我在网上搜索了一下这种可以获得更性感臀部的新方法。请放心，这完全是出于职业好奇心。

这种手术对于《拯救西弗曼》（*Saving Silverman*）[2]的影迷来说，一定非常熟悉：丰臀手术。这在美国也很流行。根据美国美容整形外科学会（American Society for Aesthetic Plastic Surgery）的统计，在2004年和2005年，全美总共进行了约4,500例这样的手术，另外还有约10,000例简单的翘臀手术。这种手术费用一般为4,000～5,000美元——价格虽然贵了点，但效果却是一百分。因为如果人们发现你做过这样的手术，他们一定会指指点点，"快看那个翘臀。"（不要指责我这种鄙夷的态度，你看，就是因为我没有做过这样的手术，我至少还能安安稳稳地坐在这里得意。）

最后的故事来自加拿大的麦吉尔大学（McGill University）。那里的研究者们首次打算动用热辐射红外成像技术测量性唤起速度。研究者让受试者观看色情电影，并记录他们生殖器区域的热辐射。与传统观点相反，这项研究表明，男性和女性达到性唤起所用的时间是相同的。但真正引起我注意的是实验对照组观看的录像：一段由《憨豆先生》（*The Best of Mr. Bean*）和加拿大旅游风光片剪辑而成的片子。如果这些东西可以让你兴奋，而你又不是一个打算嫁给罗温·艾金森（Rowan Atkinson）[3]的加拿大皇家骑警的话，建议你立刻去找医生进行咨询。

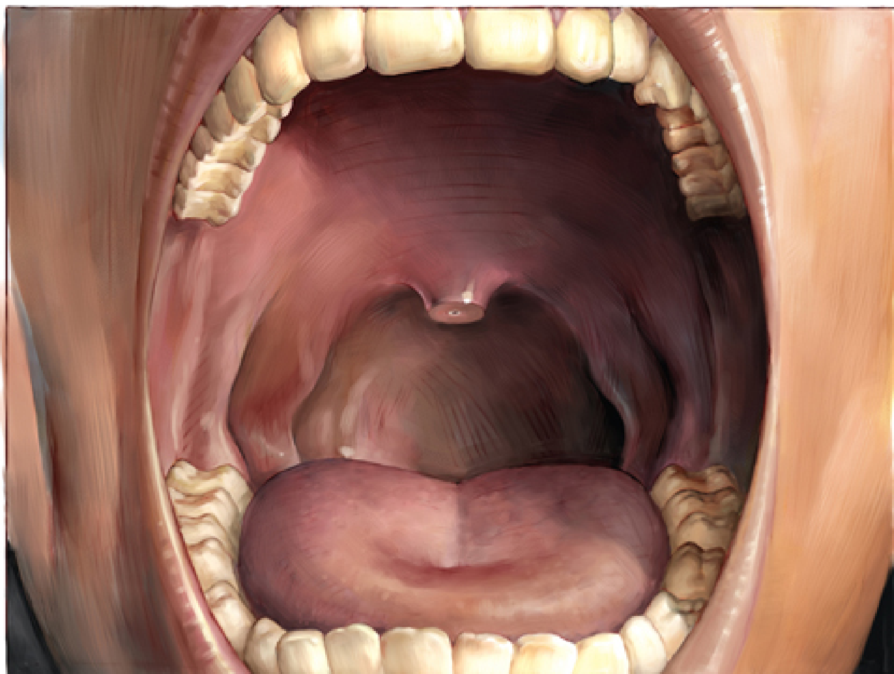
（翻译　姬十三）

注释

1．莫莉·布卢姆，爱尔兰意识流文学作家詹姆斯·乔伊斯的长篇小说《尤利西斯》中的角色。小说的最后是莫莉·布卢姆的一段著名的没有标点符号的长篇内心独白。

2．《拯救西弗曼》，美国浪漫喜剧片。剧中提到过臀部手术。

3．罗温·艾金森，英国著名演员，喜剧《憨豆先生》的主演。



有种就吞下去

注意你的胃，剑来了！

“据说吞剑是危险的。”2005年11月5日《英国医学杂志》（*British Medical Journal*）的一篇报道以这句话开头。按照这篇文章的作者、放射线学家布赖恩·威特科姆（Brian Witcombe）的说法，吞剑的一个危险在于会因此被处以死刑。这种情况出现在宗教法庭，在中世纪，吞剑意味着神秘主义，而神秘主义则会招致死刑。想象一下，将一把长长的金属刀硬挤进你的喉咙，那将是你一生中最辉煌的时刻。

有人认为，除了会招致死刑以外，吞剑还会带来严重的医学风险。不过，据威特科姆说：“几乎找不到因吞剑导致死亡的医疗案例。确实有个加拿大吞剑者不幸身亡，但那是因为他吞下了一把伞。”众所周知，在体内撑开一把伞，该有多么倒霉。

2005年的那篇文章指出，尽管在吞剑界广泛流传着种种有关受伤的奇闻轶事，但是吞剑的风险仍有待医学界作出详细鉴定。如今，这一科研空白已被填补。威特科姆和国际吞剑者协会（Sword Swallowers

Association International）的执行主席丹·迈耶（Dan Meyer）合作，对吞剑者进行了调查，并将结果发表在2006年12月23日的《英国医学杂志》上。这篇文章还配有一张"本文作者"同时口吞七剑的照片，令人目瞪口呆、喉咙干涩。从照片上看，这位作者显然是迈耶，而不是威特科姆。

总之，威特科姆和迈耶联络了110位国际吞剑者协会的成员，收回了46份有效的答复。这些人在过去的3个月内总共吞过2,000多把剑。在研究中，两位作者"排除了吞下非剑物体（如玻璃、氖管、矛枪或者凿岩锤等）所造成的伤害"。结果表明，喉咙痛是吞剑者普遍抱怨的问题之一，业内人士很自然地称之为"剑喉"。此外，发生频率不高但比较严重的问题包括咽喉或食道穿孔，这可能是职业危害的最真实写照。还有人打算吞下长剑，结果导致长剑穿腹而出。

两位作者对那些吞剑精英的评价是，"一些有经验的表演者玩出了花样，增加了吞剑的危险性。"比如，有人偶尔会在独轮车上表演吞剑，他最终有可能发明有史以来最有创意的扎轮胎方法；还有吞剑者在水下表演，不过要想以这种方式把剑磨快也许是徒劳的尝试[1]。

事实上，些许润滑油是一口吞下整把重剑的关键。两位作者写道："一把干净的剑至少要用唾液润滑一下才能吞得下去"；"有位表演者曾经用过黄油"——他显然没有意识到饱和脂肪对健康的危害；"有人因为服药引起口舌干燥而不得不退休"——如果药品说明书没有在它可能引起的副作用中加入"有可能终结吞剑者的职业生涯"这一项的话，请寻求法律诉讼。

尽管迄今为止，医学文献只对吞剑相关的伤害作过零星报道，但事实上，吞剑者在医学史上扮演过重要角色。在2005年《英国医学杂志》上的那篇文章中，威特科姆举过这样一个例子："1868年，一位吞剑者协助德国弗赖贝格的库斯毛尔医生（Dr.　Kussmaul）利用直试管、镜子和汽油灯发明了硬式内窥镜。"所以，要感谢吞剑者，让医生们不只是学会了怎么把手伸进病人的钱袋，还学会了怎样将东西塞进病人的喉咙。

话说回来，两位作者在2006年的文章中指出，虽然国际吞剑者协会没有一位成员因为这项技艺而丢掉性命，但他们收到医药费账单时，恐怕会被高额的费用吓个半死：在一个案例中，一位成员的医疗费用接近7万美元。也许你可以试着在职业这一栏里写上"吞剑者"，看看能不能申请到保险金。

然而，从深层意义上说，我们都是“吞剑者”。因为每个人每天都不得不“吞下”[2]不喜欢的东西。但是，我很庆幸自己是一个作家。因为，笔比剑更强大，而且体积也小得多。（翻译　姬十三）

注释

1．“磨快”的英文为whet，与“弄湿”的英文wet同音，作者在这里用了英语中的谐音。

2．英文原文中，作者在此处使用了swallow一词，它既有吞下的意思，也有忍受之意。作者在此一语双关。



百折不挠是冠军

关于体育比赛，重要的不是怎么比，而是怎么变。

欧洲举办伦敦奥运会和环法自行车赛，北美也有棒球季、橄榄球季。这些都意味着，从设备先进的研究机构到光线昏暗的制毒车间，世界各地的化学家正忙着制造各种分子，好让运动员们吞进嘴巴，吸进鼻孔，涂上皮肤，打进屁股。

体育迷们几乎都在谴责各种兴奋剂，说这是作弊，因为它让选手获得本不该有的好成绩。多数体育迷都认为使用兴奋剂是错误的，我也这么认为。但我有一个问题，提出来肯定会引起激烈的辩论。这不免使我

怀疑，这类关于兴奋剂的讨论里不单有理智的分析，也有严重情绪化的表达。

我的问题是：为什么在2004年美国职业棒球大联盟联赛第6场对阵纽约扬基队的比赛之前，波士顿红袜队的队医靠手术将投手科特·谢林（Curt Schilling）的腓骨短肌腱缝在较深的组织上暂时固定，却没有受到质疑？

好吧，这种问题一般得换个提法："用类固醇当然是作弊，可为什么把科特·谢林的脚踝缝合几小时，让他可以投球就不算了呢？"我是扬基队球迷，如果我把这个问题抛给一个红袜队球迷，那我马上就得冲着身后大喊："别拿着那根拨火棍追我！我没说那算犯规，只想知道为什么不算！"

巴里·邦兹（Barry Bonds），这位老兄是个类固醇使用大户，据说其他击球手只要舔他一口就能提高成绩，他大概是进不了美国棒球名人堂了。但谢林的一只血淋淋的袜子倒是进去展出了［谢林接受的手术现在被称为"谢林肌腱手术"（Schilling tendon procedure），而由于当时技术的问题，谢林一用力投球就会血染球袜］。

投球手莫迪凯·布朗（Mordecai Brown）的手曾经被一台农具割伤，从此获得"三指布朗"的绰号，但他的弧线球因此投得更好了。另一位投球手安东尼奥·阿方塞卡（Antonio Alfonseca）遗传了多指畸形症，每个手上有六根指头。我们是不是该加条规则，规定选手必须是五根手指？

还有，为什么那个"汤米·约翰手术"（Tommy John surgery，正式名称叫"尺骨附属韧带重建术"，也就是将受伤手肘尺骨的韧带用身体其他部位的韧带替换）不算犯规呢？我小的时候，如果投球手的胳膊掉了，他就用另外一条胳膊投球，抱歉抱歉，说着说着，就又不正经起来了。让我换一种说法。

我小的时候，如果投球手手肘的尺骨附属韧带受到损伤，那么他不是忍痛投球，就是干脆退役。但是在1974年，整形外科医生弗兰克·乔布（Frank Jobe）却从投球手汤米·约翰的胳膊里取出一根肌腱，替换了他受伤的韧带。约翰得以在大联盟继续投球，直到1989年。此后，有许多投球手在接受"汤米·约翰手术"后成绩优异，有的年轻投手甚至没事就想换韧带。

对于我的问题，最常见的回答是，手术只能让运动员回到以前的天

然状态，并不能强化他们的身体机能。听起来倒蛮合理，但仔细想想：同样是运动员，有的被重压摧垮，有的却浑若无事，这还算天然吗？

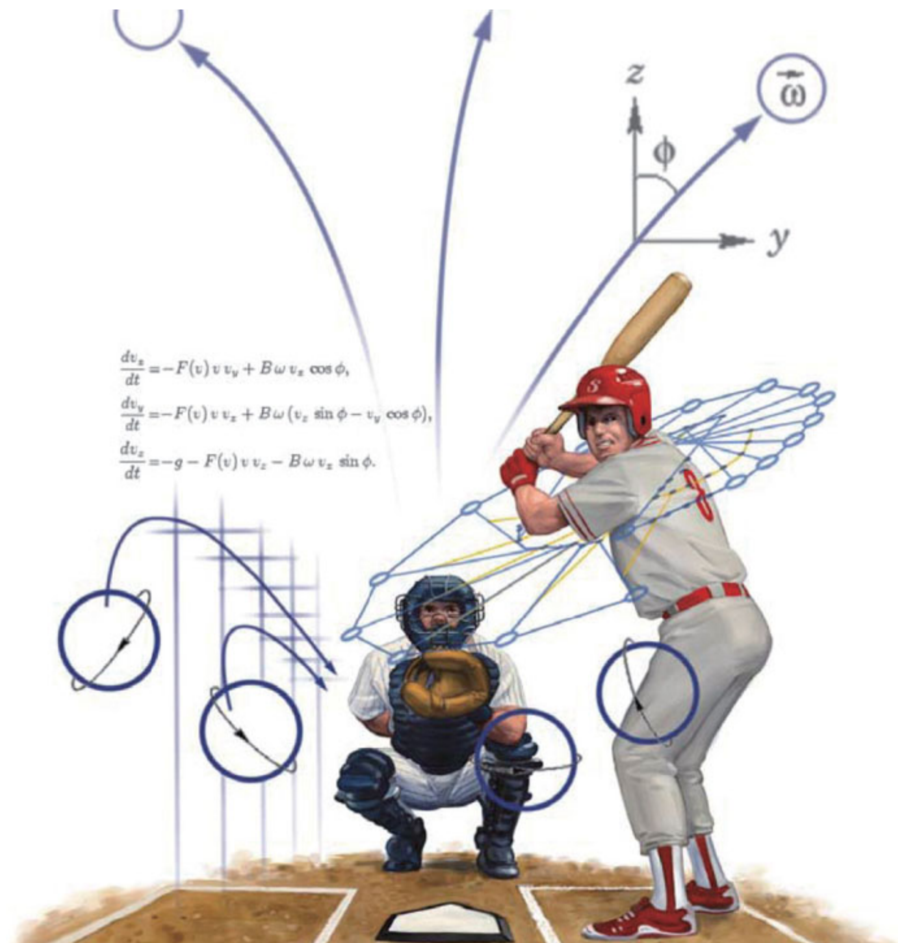
说到天然，就来说说我最喜欢的奥运选手、七次越野滑雪的奖牌得主埃罗·门蒂兰塔（Eero　Mäntyranta）吧，因为这位在1960年代表芬兰出征的门蒂兰塔，是个如假包换的变异人，上过X博士的超能学院[1]。

门蒂兰塔有种遗传病，他的红细胞、血红蛋白和血氧含量都大大超过常人。这对耐力运动员来说是件大好事（比每只手多长一根手指好太多了）。

但这其实就是血液兴奋剂，不过是天然的。哦，只要变异是天然的，就算天然的。尽管大多数世界级运动员都没有门蒂兰塔那样的单一变异，但他们肯定有一整组不同寻常、足以提高成绩的基因结构。那么，如果用了兴奋剂就要禁赛，那么拥有能提高成绩的变异也应该一样被禁赛吧？好了万磁王，别让那拨火棍飘起来，我只是问问而已。（翻译　红猪）

注释

1．X博士的超能学院，出自美国漫画《X战警》（*X-Men*），其中的变异人都拥有超能，下文的万磁王也是该漫画中的人物。



出场停赛

物理学和医学才是棒球场上的最佳选手。

棒球是抛物线运动。据说约吉·贝拉（Yogi Berra，美国退役棒球手）曾经说过：“多看几场球，你就能学会许多。”举个例子：2010年5月29日，在纽约的扬基体育场，我亲眼目睹了扬基队的击球好手亚历克斯·罗德里格斯（Alex Rodriguez）将飞来的棒球原路送回，并击中克利夫兰印第安人队的投手戴维·赫夫（David Huff）的脑袋。撞击异常猛烈，球几乎飞到了右外野的围墙处，幸好赫夫的脑袋没有跟着一道飞出去。赫夫中“弹”倒地，在投手丘上俯卧了好几分钟，随后被抬上担架送

走。接下来，主场球迷目睹扬基队丢掉了6分的领先优势，纷纷愤然离场。

当时，许多观众都担心赫夫会身负重伤。我呢，由于几十年前多看了几眼物理老师，所以谨慎地保持乐观——因为那个棒球在击中赫夫的脑袋之后弹得又快又远。如果它只朝本垒的方向反弹了几英尺[1]，我就会担心这位可怜的投手会不会成为美国职业棒球大联盟历史上第二位因公殉职的球手了。［顺带提一句，唯一在美国职业棒球大联盟比赛中丧生的球手是克利夫兰印第安人队的游击手雷·查普曼（Ray Chapman）。在1920年的一场比赛中，他被扬基队的卡尔·梅斯（Carl Mays）投出的球击中太阳穴，再也没有恢复知觉。此后，只过了短短的51年，有关部门就强制投手佩戴头部护具。］因为那样的话，棒球携带的大部分动能会转移到投手头部。但实际情况是，那一球携带的能量让球体掠过低空，直奔右外野而去，转移到赫夫头部的只有一小部分。

果然，赫夫在附近的纽约长老会医院稍作停留就重返赛场，看起来也不太糟糕。他返场时比赛还没结束。最后，经过4小时22分钟的鏖战，印第安人队以13：11的比分拿下了比赛——这倒是让赫夫没有白倒下一回，可对我们这些在场的观众而言，这个过程显得尤为漫长。

在罗德里格斯打出二垒安打、击中布罗卡区（Broca's area，大脑中主管语言的皮层）的那天下午，还发生了一桩严重得多的事故。受害者是肯德里斯·莫拉莱斯（Kendrys Morales），他在洛杉矶安纳罕天使队中做一垒手。比赛将尽时，莫拉莱斯打出了奠定胜局的满垒全垒打，随后一路小跑起来，可就在他踩上本垒时，左脚脚踝粉碎性骨折。医生说他需要接受手术，可能得缺席剩下的赛季。

同一天晚上，费城费城人队的投手罗伊·哈勒戴（Roy Halladay）投出了大联盟历史上的第20场完全比赛，对手佛罗里达马林鱼队的27名球员全部徒劳地挥舞着荧光棒，我是说球棒，被三振出局。《费城问询报》（*The Philadelphia Inquirer*）的比尔·莱昂（Bill Lyon）写道："哈勒戴球路叵测，忽升忽降。"

这位莱昂说中了一半。实际上，没有哪位投球手的过顶投球能使棒球上升——这话是肯尼思·富尔德（Kenneth Fuld）说的，他是一位棒球迷，同时也是一位心理学教授，在新罕布什尔大学（University of New Hampshire）开了一门名叫"视知觉"的课程。［说到新罕布什尔，我可是差点在那里成了职业球员。想当年，达特茅斯学院（Dartmouth

College）数学系给了我一个礼拜的免费食宿，准备让我冒名顶替，参加数学系的棒球队。只要初始条件充足，数学系的那帮家伙就能准确算出对手击出的球会落在什么位置——当然，依照数学系一贯以来的传统，那个球他们是接不住的。］

作为芝加哥小熊队40人大名单里外野手山姆（Sam）的老爸，富尔德认为，过顶投出的直线速球在飞往本垒的过程中总是会略微下沉。但在击球手看来，这些球的轨迹都是水平的。当球速非常快时，它在空中的下沉幅度就会比预料中更小，这时，它似乎就向上升起来了。这是一种错觉，好比你坐在静止的火车中，却觉得车身在动，而实际是相邻轨道上的火车在动。又好比在扬基体育场里花6美元买个热狗显得不太贵，是因为你已经为屁股底下的座位花了125美元。（翻译　红猪）

注释

1．1英尺约等于0.305米。



疯狂的高尔夫

打高尔夫会损伤听力？真是闻所未闻。

高尔夫是一项危险运动：扭转挥杆容易损伤腰部；击球时肌肉反复收紧会诱发“内上髁肌腱炎”（别名“高尔夫肘”）；喝过啤酒后也可能一不小心从高尔夫球车上滚落下来，让你非常尴尬。

大约十几年前，我就在某专栏文章中谈过，糟糕的高尔夫球手会面临特殊危险。由于球经常打偏，他们不得不频繁进入深草密林，容易感染一种名叫“埃立克体病”的蜱媒病，出现发烧、怕冷、颤抖等症状。现在，医学研究人员又发现另一种潜伏在全球所有修建整齐的高尔夫球场的危害——听力损害。

实际上，我的球友就面临这种听力损害的危险，比如我常扯着嗓子贴在他们耳边大喊：“看我的！”不过最新研究所揭示的听力损害，涉及

一项技术革新——巨型一号木。这种让全球高尔夫爱好者痴迷的球杆，杆头之大，使得它看上去很有必要进行类固醇检测。一位球友评价说，这根怪物在击球时发出“开枪”一样的巨响。震耳的“砰砰”声连续不断，不仅使他听力下降，还引起阵阵耳鸣（这种高频的嗡鸣声，常让在树林里找球的人误以为是周边昆虫发出的声响）。2008年12月17日，《英国医学杂志》（*British Medical Journal*）刊登了关于这位高尔夫爱好者听力欠佳的研究报告。

巨型一号木也称“傻棒槌”。因为只有傻子才会连续13次将球开进树丛后，仍偏执地认为下一杆会有所改善（幸好多数球场都配有4个近距离的3杆洞，否则，完全可能傻到第18次）。

特别值得一提的“傻棒槌”是King Cobra LD薄型钛金属杆面一号木。30多年前，一号木的杆头还只有弗雷德·芬克（Fred Funk，美国著名职业高尔夫球手）的拳头大小，外面裹了一层厚厚的不锈钢；如今King Cobra的杆头，尺寸足足相当于帕德里克·哈林顿（Padraig Harrington）[1]的头［或者马克·卡卡维查（Mark Calcavecchia）的颅骨、格雷格·诺曼（Greg Norman）的脑袋，甚至约翰·戴利（John Daly）的头］。

为了证实关于球杆声音会损伤听力的传闻，研究人员到互联网搜索，发现了许多类似的评论：“震耳的‘砰砰’声快把我哥们儿逼疯了”、“其他没什么，就是满场的噪声”。根据《英国医学杂志》的测试报告，King Cobra LD击球时发出的响声高达112分贝（如果想把高尔夫俱乐部的玻璃窗震得“格格”作响，试试Ping G10型球杆，声音超过120分贝）。

King Cobra LD实在是一款超级球杆，荣登美国高尔夫协会比赛禁用球杆之列。官方还对球杆的COR设了上限。COR并非一种赌球方式[2]中衡量输赢多少的术语（“IOU”，即“我欠你”），而是“恢复系数”（coefficient of restitution, COR）。维基百科（Wikipedia）精辟地说明了COR的科学和文化内涵：“击打前后速率的比值……高尔夫杆制造商利用所谓‘蹦床效应’制造了薄型一号木，借用球杆面的额外弹力把球射得更远。不久，恢复系数就成了高尔夫玩家耳熟能详的术语。”

King Cobra和其他非标准球杆的COR都极高，强烈建议贴上“禁止儿童用来蹦床”的标签。超强的COR产生超强的噪声。可对一些球迷而言，这正是乐趣所在。一位球友曾在网上评论自己的King Cobra：“我倒不在意‘砰砰’的声音，因为听上去球好像飞得很远。”是啊，听上去很

远。看来，管这玩意叫傻棒槌，不是没有道理。（翻译　红猪）

注释

1．此人以及接下来提到的3个人均为世界级的高尔夫球大师。

2．这种赌球方式将前9洞、后9洞和整个18洞作为3个不同的整体分别下注。



噼噼啪啪做研究

> 一个男人的一次又长又响又不对称的冒险为其赢得了一次热烈的掌声。

体质人类学（physical anthropology）的最新研究表明，人类的进化之路从未经历过用指关节支撑行走（四肢着地）的阶段。尽管如此，我们却已经进入，并且尚未脱离压迫手指关节作响（knuckle-cracking）的进化阶段。把我的手指（包括脚趾）关节全部用上，也不一定能数清有多少音乐家在演奏一个简单音阶前，需要克服用指关节“即兴演奏”一小段的欲望。尽管压迫手指发出响声很受大众欢迎，但是多数压指名家大概都听过某个专家的忠告（他的开场白很可能是“我不是医生，但是……”），说这种行为会导致关节炎。

1998年，一位医学博士在《关节炎和风湿病》（*Arthritis &*

Rheumatism）杂志上发表了一篇题为《压迫指关节会导致手指关节炎吗？》（*Does KnuckleCracking Lead to Arthritis of the Fingers?*）的论文，强有力地推翻了上述外行观点。2009年10月上旬，这篇论文的独立作者唐纳德·昂格尔（Donald Unger）获得"搞笑诺贝尔医学奖"，他的大名也因而占据了新闻头条。

在这里，我得向不了解"搞笑诺贝尔奖"的读者作下介绍：这个奖项是每年在正式诺贝尔奖的颁奖前夕，由名为不可思议研究的组织颁发的，获奖者的研究成果要"首先使人发笑，继而让人思考"。昂格尔的情况让我想到，他的研究方法或许可以证实他患有强迫症。下面的文字摘自他的著作："50年来，我每天压迫左手手指关节发声至少两次，右手作为对照组不予压迫。因此，我左手指关节总共响了至少36,500次；而右手指关节很少响，偶尔响一下也是自行发声。"

正如昂格尔自己所写的，他之所以亲身实践进行这项正义的研究，是因为"早在孩提时代，许多'著名的权威人士'（这里是指他的母亲、几位阿姨以及后来的岳母）都曾警告他说经常压迫手指关节会导致关节炎。"于是，他用了半个世纪的时间"来验证这一假说的准确性"。在研究期间，每每有人提出忠告，他都会机智地回答说结果还没出来。

终于，50年过去了。昂格尔对他的数据进行了分析："两只手都未出现关节炎，而且这两只手也没有显著差异。"于是他总结道："压迫手指关节作响与日后出现的手指关节炎之间并没有明显联系。"至于这位医学博士的脑袋是否也被挤压过，或许可以从他自加利福尼亚州的家中启程前往哈佛大学（Harvard University）亲自领取他的"搞笑诺贝尔奖"中找到证据（两地相距约4,600千米，驾车需要42小时）。

实际上其他学者已经针对这一现象作过研究。昂格尔的这篇论文发表之后，医学博士罗伯特·斯威齐（Robert　Swezey）也向《关节炎和风湿病》投稿，报告自己在1975年进行的一项研究——研究的合作者是斯威齐当时12岁的儿子。研究的目的简单明了，就是为了让孩子的奶奶停止对孩子压迫手指关节作响发牢骚。研究结果同样显示，并没有发现压迫手指导致关节炎的证据。后来，斯威齐还咨询了兰德公司（Rand Corporation，美国战略研究机构）的统计学家约翰·亚当斯（John Adams）。亚当斯指出："显然（昂格尔的）研究并没能做到双盲[1]。就这项研究而言，双盲只有在研究人员分不清左右的情况下才有可能实现；而这一点几乎不可能做到，因为研究表明，只有31％的初级保健医

生分不清左右。”

这场指关节骚动让我想起一件事：几年前美国斯坦福大学（Stanford University）的骨骼发育专家戴维·金斯利（David Kingsley）也参与了这个领域的研究。当时他上四年级的儿子的同学问他，压迫指关节作响是否有害。他鼓励孩子们自己讨论方案来寻找答案，同时他也查阅了医学文献。他回忆道："当时一个孩子说，可以把房间里的人分成两部分，一部分人经常压自己的手指关节，另一部分不压，最后看谁患上了手指关节炎——这是个干预实验。我说，这个主意不错，不过这个实验可能要持续20年。"我看甚至要50年。

金斯利接着说："后来一位流行病学家建议我到养老院去看看，问问那里的人们压不压手指关节，再看看他们得没得关节炎。我能找到的相关研究正是这样做的。"事实上，这样的研究有两个：一个是斯威齐对28家护理院成员的调查研究；另一个是一篇发表于1990年的论文中针对300个门诊病人的调查研究。这两个研究都没有发现喜欢压迫手指关节作响的人更容易患手指关节炎的证据。所以昂格尔本可以早一点结束他的研究的。不管怎么样，还是应该为他热烈鼓掌以示庆贺。（翻译　红猪）

注释

1．双盲，指研究对象和研究者都不了解试验分组情况，而是由研究设计者来安排和控制全部试验。



骑车去冥界

> 虽然没有马戏团工作经历，他们仍能在公路上表演精彩特技。

有这么个故事：一个卡车司机穿着带有大卡车图案的针织毛衣，行驶在漫长孤寂的公路上。他的双手都有别的事要忙，于是就用膝盖开车。一位公路巡警看在眼里，跟了上去。警察驶近卡车，通过警车上的扬声器下令：“停车（Pull over）！”司机反吼了一嗓子：“不对！这是羊毛开衫（cardigan）[1]！”

我虽然不是正牌执法警察，但有时也会在路上做做代理长官。通常的做法就是向心不在焉的驾驶者提出安全建议，比如“开慢点！”“别变道！”最常说的是“别打电话！”

我最近一次致力于公共安全的时间是在2009年12月中旬，地点是阳光普照的佛罗里达。当时我从劳德代尔堡沿岸沿着传说中的A1A海滨公路向南行驶，在我前面的是一个骑着小型摩托车的年轻人，时速约55千米。突然间，他的速度慢了下来，我也只好跟着减速。接着，他的时速开始在30千米上下游移。我从他的左侧超了过去，瞟了他一眼。原来这家伙放慢速度，是为了能专心干好手头的工作：发短信。

这个年轻人双手捧着智能手机，艰难地用两根拇指拨弄着键盘。哎哟，我心想，新科状元诞生了。我要说说前科状元，那是几年前我在波士顿遇见的一名妇女。当时她双手都在忙，边接电话边记录对话中的要点，因此只能用膝盖和手肘控制车辆的行驶方向。当她驶近我乘坐的小汽车，近到我可以伸手轻叩她的车窗时，她的一举一动让我尽收眼底。

但是，这个骑摩托的年轻人连膝盖都没用上。没错，摩托车转动的轮子会产生陀螺效应（gyroscopic effect），的确能让他在驾驶车辆、头发飞扬时暂时保持不倒（我说了他没戴安全帽吗？），或许还能让他在推特（Twitter）上向追随者们吹嘘一番自己的蛮勇。

命运安排我们要见上一面。开了大约800米，我停下车等红灯，那辆摩托车正好也在我左侧停了下来，那个年轻人居然还稳当地坐在上面。我觉得有必要和他分享一些重要的公共安全知识，于是摇下车窗，友善地喊了声“嗨”。他看出我要和他寻开心，于是应了声“啊？”我刚要传达重要信息，他就说了声“等等”。与此同时，他摘下耳机，原本从智能手机的音乐库中流出的、盖过环境噪声（包括引擎声、喇叭声和其他能够明确显示环境氛围的声音）的音乐立即停止了，不再向他那颗没戴安全帽的脑袋里输送。

“听着，”我不抱希望地对一个不把自己当回事的大脑讲起了道理，“拜托签一张器官捐献卡。”他不解地望着我。我解释说：“如果签了捐献卡，当他们把你从路上抬走时，至少还能用你的器官救几条人命。”说话间，交通信号灯由红转绿，这个榆木疙瘩又去一心两用了。我不由地想到那些急需一个肾、一个肝、一颗心，还有其他器官的人们，想到他们的祈祷马上就会应验，这可多亏有我啊，当然了，也多亏他骑车发短信的习惯。

多项研究表明，一个清醒的司机只要拿起电话，就会变得如同醉酒的人一样乖张，发生事故的概率也将提高到原来的四倍以上。但近年来，研究者才开始研究发送短信对驾驶技术的影响，大概是因为他们从

来也没有想到有人会技术高超到这个地步吧。初步结果显示，发短信比打电话更糟。因此请牢记，不要边打电话边开车，不要边听MP3边开车，也不要边发短信边喝酒［说实在的，前女（男）友对你的现状真没兴趣］，还有，绝对不要边发短信边开车。如果出于某种深奥的原因，你本应盯着路面专心开车却忍不住编辑又短又乏味的信息，那么至少去签一张器官捐献卡。这样，移植大夫在接收你的遗骸时，就能对开头那位卡车司机的话作出回应了：“这个也有卡（It's a card again）[2]！”（翻译　红猪）

注释

1．羊毛开衫与上一句中的pull over相呼应。停车的英文pull over发音同pullover，后者是“套衫”的意思。

2．“也有卡”的英文card again与第一段中羊毛开衫的英文cardigan发音近似。



读不了　存着走

书中自有颜如玉，阅读器中有黄金屋。

说到新型电子魔机（gizardry，这是我刚刚创造的词，意为魔法和机械的混合体，另一个意思是鸟类的消化），我不属于典型的“早期用户”，甚至谈不上“早期适应者”（一个冒牌电子专家曾这样称呼我）。有时候我也纳闷：难道我的人生目标已经降低到不把各种电子设备插错了吗？

不过说来也怪，我居然成了亚马逊第二代电子书阅读器（Amazon Kindle）的长期用户（从2009年2月份开始的！）。这款电子书阅读器看起来平淡无奇，却未来感十足，很像《银翼杀手》（*Blade Runner*）

中哈里森·福特（Harrison Ford）亡命天涯时使用的阅读器。

2008年，我妹妹买了台Kindle一代。她常出差，喜欢在飞机上阅读丹·布朗（Dan Brown）和罗宾·库克（Robin Cook）的小说。于是，我趁出差的机会跟她借来试用一番。以往出门，我总会带上几本书。那次我郑重其事地用天平称了一下Kindle和书本（真的都称了重量），便立即决定也要买一台，而且要轻便超薄的最新款。

亚马逊已经将许多书的电子版打折出售。可我很快发现，许多免费资源也可以使用。“古登堡计划”就试图在网上发布所有版权过期的文献，并且已经上传了数千部古典名著，使得读者在数秒之内就能将它们下载到家用电脑上，然后转存到Kindle上去。30多年前我就买了《卡拉马佐夫兄弟》（*The Brothers Karamazov*），但一直将其闲置在家中的书架上，未曾读过。Kindle到手后5个月内，我已经在三大洲读过电子版的《卡拉马佐夫兄弟》了。

［顺便说一句，该小说在1958年被拍成了电影，捧红了初出茅庐的年轻演员威廉·沙特纳（William Shatner）；他后来还出演了《星际迷航》（*Star Trek*）中的柯克船长，常在片中手握一台酷似Kindle的仪器，总是扫一眼，签个字，再递回去。由此看来，这可能不是台电子书阅读器，而是台太空调拨仪，供船长购买极难保存的红色星舰制服。］

Kindle还可以随意存放PDF文件和文本文件。以前开编辑会，都是把125页的文稿和选题统统打印出来。现在只要把PDF文件放到Kindle里就行了。会议期间，手指轻轻一动，就能随意在编辑笔记和丹·詹金斯（Dan Jenkins）的高尔夫小说《渺茫和无望》（*Slim and None*）之间切换。小说正好提到概率问题——这么说吧，你看到本文与我阅读《卡拉马佐夫兄弟》的概率一样小。

话说回来，Kindle也并非完美无缺。让用户免费试读第一章再购买全书的做法会让不够谨慎的读者做出错误的选择。不久前，我就是这样在去伦敦的途中买下了迪恩·孔茨（Dean Koontz）的畅销书《无情》（*Relentless*），其故事情节如人咬狗般不可思议：小说家先是遭遇恶评，继而被书评人追杀。

读着读着（警告！下文剧透！说“剧透”算是客气的，表示还有剧情可透），我竟然掉进一个奇异的世界，其中好人到处逃命，坏人成了知识分子。还有个叫米洛（Milo）的小孩，只有6岁，是物理鬼才，并读过陀思妥耶夫斯基（F. M. Dostoyevsky）的《罪与罚》（*Crime and*

Punishment），不过是漫画版的。我越读越迷惑，时而摇头，时而挠头。直到我读到：米洛造了台远距离传送装置，尽管不能传送自己，却能传送比他轻5千克的家犬。一来二去，狗狗不用仪器也能把自己传送出去，就跟伊万·巴甫洛夫（Ivan Pavlov）的狗学会在没有食物时流口水一样。它还因此挫败了一场险恶的阴谋。汪汪！

在故事的高潮，米洛把盐瓶改装成一个小范围适用的短暂时光倒转机［电视剧《银河访客》（*Galaxy Quest*）中欧米伽13的变体］，拯救了世界。这个6岁大的小朋友还让自己被害的小说家父亲起死回生。获得重生的父亲抓住机会，制服了攻击他的人——书评家的母亲；这位老太太策划了一个巨大的阴谋，企图降低美国人民的文化水准。（没开玩笑，情节就是这样的。）看罢全书，我算是领教了Kindle的最大缺点：这东西价值299美元，谁也舍不得将它往泰晤士河里一扔了之。（翻译　红猪）



140字的研究

要是所有人都同时上了推特，那会怎样？

你有推特（Twitter）吗？目前，全世界有数百万人正在推特上发最

多140字的留言。我禁不住想象：要是推特和它的所有用户都已存在了几千年，那会是怎样一个光景？

达人哥拉斯[1]　直角三角形惊人大发现！直角边平方和等于斜边平方。可能有用。

欧几里得非我　写书中，书名《几何原本》（*Elements*），定能在今后四千年将高一学生统统逼疯。光圆锥曲线就能让他们哭出来。

阿里斯多芬必得[2]　@　欧几里得非我　啥曲线？你身上的？哈哈哈，懂的懂的。喂喂，青蛙很好玩，好玩吧？

阿基咪咪　自勉：多洗澡。最好的主意都是澡盆里想出来的。

咖喱略　知道刑具摆到面前时什么东西会动吗？结肠。怕怕，下潜……

莱布尼痴　发明了曲线面积的计算方法：将曲面分割成越来越小的部分，直到每一部分的宽度为零。取名微积分。

牛苹果顿　@　莱布尼痴　是你发明的？你连哄两岁小孩睡觉的故事都发明不出来。对了，生小孩真恶心。

莱布尼痴　@　牛苹果顿　坐树底下别动，没准下回掉下来的就是个大家伙。

牛苹果顿 @ 莱布尼痴　苹果要掉你身边，你最多想“哦哦，做成苹果酱吧”。

长毛艾伯特　@　牛苹果顿　斗嘴请找同一个重量级的。对了，你的重力算错了。通常只错一点点，但错了就是错了。@ 欧几里得非我　你也一样。

欧几里得非我 @ 长毛艾伯特　无证明无真相。

绿野稻草人[3]　@　达人哥拉斯　等腰三角形任意两边的平方根之和等于第三边的平方根！

门捷烈度夫 @ 欧几里得非我　我的那坨东西取名元素周期表（Periodic Table of the Elements），和你的《几何原本》（*Elements*）没关系，明白？

欧几里得非我 @ 门捷烈度夫　我们就像两条永不相交的平行线。

达人哥拉斯　@　绿野稻草人　错得离谱，不过还是恭喜一下。至少你的跟头越摔越高级了。

牛苹果顿 @ 达人哥拉斯　你不可能越摔越高！

长毛艾伯特　@　欧几里得非我　两条永不相交的线？告诉你，它们是会相交的。

唐屋达文公　今天又是蚯蚓加藤壶。感觉不大舒服。

达人哥斯拉　@　牛苹果顿　我是说越摔越高级，又不是越摔越高。你炼金炼昏头啦，出去透透气！

长毛艾伯特　@　门捷烈度夫　给我腾个地方，周期表上的99号位就留给我。

阿非华莱士　@　唐屋达文公　蚯蚓和藤壶……你都吃了？喂喂，包裹收到了吧？

唐屋达文公 @ 阿非华莱士　收到啦。肠胃更不舒服了。我们得谈谈。

居锂　唉，为了一小撮镭得翻几千千克的沥青铀矿。沥青铀矿我恨你！

因祸得福[4]　华盛顿下雪了，这毫无疑问地证明全球变暖子虚乌有，别的不说了！

富兰克林蜂 @ 因祸得福　我在雷暴里出生入死就为了你们这些废柴？

大棒99号[5] @ 长毛艾伯特　握手，我也是99号。冰球里有好些有趣的物理学。

因祸得福 @ 大棒99号　可冰球棍是断的！

富兰克林蜂 @ 因祸得福　老实说你在丢我们大伙的脸。

长毛艾伯特 @ 大棒99号　我比较喜欢看电梯赛跑。

SJ古尔德　发言不能多于140字？这规矩谁定的？太可笑了！简直是荒谬！说“可笑”都太客气了。那么多道理140个字怎么可能说清楚嘛，140个字，“演化”的定义都不一定能说清楚，不要说讨论更复杂的问题了。这里管事的是谁？有没有念过大学？这程序谁写的？什么学校教出来的？管理员？管理员呢？我要投诉，简直太脑[6]

罗杰托利皮特[7]　叽叽！（翻译　红猪）

注释

1．本文中出现的用户名为假想的名人的推特昵称。

2．阿里斯多芬必得，假想的阿里斯多芬的昵称。阿里斯多芬，古希腊喜剧作家，作品有《青蛙》。

3．绿野稻草人，指电影《绿野仙踪》中的稻草人，后面这句话是其台词。

4．因祸得福，指反对“全球变暖说”的共和党议员詹姆斯·英霍夫。

5．大棒99号，指美国著名冰球手韦恩·格雷茨基。

6．这里缺少了“残”字，由于最多只能输入140字，后面部分不能显示。

7．罗杰托利皮特，指罗杰·托里·彼得森，美国博物学家，鸟类学家，曾录制各种鸟叫声。



每天用“苹果” 一周好生活

机友手拉手，出海去巡游。

主讲人走上讲台，教室内一阵轻微骚动。我安静地坐着，左手握着护身符［一部苹果手机（iPhone）］，膝盖上放着效忠的标志［一台苹果笔记本电脑（MacBook）］。电脑是崭新的，是为了这个场合特地买的。如果不这样，广大群众就会识破我的真实身份［一个过去25年都在使用运行DOS和视窗操作系统（Windows ）的个人电脑用户］，并把我扔进海里去。这是因为，眼下我正在参加一个为期一周的聚会，它被称为“第十届爱果主义者巡游”。

这是2010年5月的第一个星期，我和102名苹果粉登上了荷美邮轮公司旗下的文旦号（*Veendam*），从纽约启航，向着百慕大的方向往东南进发。我在2008年和2009年也都出了海，但当时参加的是“灵感之行”（Insight Cruises）公司赞助的“科学美国人之闪亮地平线”系列讲

座，身份是演讲嘉宾。这次的“爱果者巡游”也是“灵感之行”组织的，这家公司还组织过歌剧巡游、天文巡游和刺绣巡游，连网站都是geekcruises.com[1]。

2009年夏天，我的那部只能打打电话、拍拍模糊照片的旧手机在暴雨中进了水，坏掉了。接着我就去买了生平第一款苹果产品——一部iPhone。从那以后，它就永久性地和我的左手粘在了一起。因此，当我得知这次巡游的主题是如何拓展iPhone的用途时，我立马就决定参加（这次是自己掏钱）。我还买了台MacBook，这样就不会在别人说到这台机器时一头雾水了。

一同出海的同学们对苹果产品死心塌地，举手结果显示，四分之三的人已经拥有了苹果平板电脑（iPad）。但话说回来，他们能够登船，这本身就足够说明问题了。对于与会群众，《纽约时报》（*The New York Times*）科技版的专栏作家戴维·波格（David Pogue）是这么总结的：“你们对苹果货是够热衷了，花了这么一大笔钱参加巡游，就是为了能和其他受压迫的少数派攀谈几句。”

尽管大家都是爱果主义者，但挑刺者依然不乏其人。苹果公司开发的脚本语言Applescript的产品经理萨尔·苏霍恩（Sal Soghoian）就承认，iPad的屏幕会反光：“每次看视频都会看到自己的鼻孔，我已经厌烦了。”话音刚落，就有俏皮的听众喊道：“印上指纹就不会反光啦！”

屏幕上的指纹的确是个问题，但波格也说了，“iPhone的屏幕有疏油涂层。”什么油涂层？“蔬油嘛，就是菜油——好啦，是疏油，就是减少油迹汗渍的技术。”接着，他就向观众展示了他那块乱糟糟的屏幕。“你们都看到了，油得不得了，但只要用布一抹……”说着，他把iPhone在裤腿上一抹，“就变得一干二净，油什么的，全没了。”iPad的屏幕也能通过同样的方式清洁，但是，波格补充道：“你得穿条肥大点的裤子。”

指纹之类的小事放到一边。直到安迪·伊纳克（Andy Ihnatko）上台演讲，观众的狂热才被真正调动起来。伊纳克是《芝加哥太阳时报》（*Chicago SunTimes*）科技版的专栏作家，也是“苹果水族箱”（用旧的苹果机箱改造的水箱）的发明者。有那么一段时间，伊纳克的MacBook无法和船上的影音系统对接，于是他嘀咕了一句：“还是买台运行Windows 7的电脑吧，可没苹果那么麻烦。”话音刚落，听众中就爆发出一片嘘声。要不是伊纳克紧接着表示刚才只是开玩笑，几个听众早就冲

上讲台了。

爱果者的爱还表现在对苹果文化衫的渴求上。《苹果大世界》（*MacWorld*）杂志的编辑部主任贾森·斯内尔（Jason　Snell）出示了一件印有苹果标志的高尔夫球衣，说是送给在场任何一位能穿上XXXL号（苏霍恩称之为“程序员尺码”）的人。这款球衣，史蒂夫·乔布斯（Steve　Jobs）在产品发布会上也穿过（乔布斯大人威武！）。有位眼红的与会者随即叫嚣道：“我愿意增肥！”（增肥还有个好处：能穿更肥大的裤子来抹iPad。）

在游艇上增肥是件很容易的事，因为每天都吃6顿饭。尽管如此，我还是在宴饮之余学会了许多有用的东西，比如：怎么从数字多功能光盘（DVD）上复制电影。斯内尔告诉我们，根据《数字千年版权法案》（*Digital Millennium Copyright Act*），编写能够复制电影的软件是违法的。美国电影协会还宣称，使用这些软件也是违法的。但有些法律学者认为，你要是购买了《伸张正义》（*And Justice for All*）、《十二怒汉》（*12 Angry Men*）或《糖衣陷阱》（*The Firm*）的DVD，并且完全出于个人使用的目的复制到iPhone上，那么显而易见，你并没有违法，尤其是在公海上这么干。（翻译　红猪）

注释

1．geekcruises意为“极客巡游”。极客，为geek的音译，常指对于计算机和网络技术有狂热兴趣并投入大量时间钻研的人。



拼字游戏的心理危机

在拼字游戏中无计可施的笔者。

我从来不觉得国际象棋好玩，偶尔玩两局扑克，但水平也不高。我最喜欢的游戏还是Scrabble[1]，这个爱好可以追溯到我还是一枚受精卵（zygote）的时候。如果是在游戏中，那枚小东西加一个字母s，变成复数形式zygotes，得分就能高一点。

总之，在互联网发明之前，我就经常和几个伙伴挤在一起，分成小组，凑在拼字板前玩Scrabble了。我们画好棋盘，从一个小袋子里抽出7张字母牌列在棋盘下方（正式游戏中，它们被放在搁架上），一个人从里边选出字母拼成单词，下一个人再抽出字母牌补足7张。我们计算每一次拼写的得分，然后与此前的分数相加，并把结果写在纸片上。这是最原始的方法。

如今有了网络、无线技术与智能手机，我们这些Scrabble玩家就能

随时随地玩上一局，折磨一下对手了。你可以在凌晨4点抛一个难词给对手，使他在1,600千米之外的早餐桌上一口噎住。

不过，现今的高科技Scrabble也会带来前所未有的心理危机：每拼完一个词，屏幕上都会显示出用刚才的字母所能拼出的最佳单词，令玩家懊恼不已。最糟的情况是玩家没能看出潜在的“宾果”（bingo）——用光列在搁架上的所有7个字母恰好拼成一个单词，并得到50分的奖励。为了在公众面前自我批评一番，下面就列出我在早春的那几周里没能拼出的宾果单词中，与科技有关的那些。

首先，我怎么可能错失了CAMPHENE（莰烯，73分）呢？当初念本科的时候，我可是差点用它毁掉了一间有机化学实验室啊。EPOXIES（环氧树脂，96分）也让我给忘了，还有EOSINES（曙红，61分）这种重要的染料。

当我看到机器显示出ANSEROUS（鹅肌肽，131分）时，顿时感觉自己像一头笨鹅。而看到ENURETIC（遗尿，61分）之后，我立即冲向了男厕所。AMBARIS（洋麻，77分）这个词我居然不知道，真是惭愧，因为这种纤维里能够生产出类似黄麻纤维的大麻，而“黄麻”（jute）是我常用来玩文字游戏的一个词。

我没能拼出的植物单词简直太多了。有ORRICES（鸢尾草，76分）、SEGETAL［在田间生长的（杂草），76分］、INDUSIA（囊群盖，64分）、FERULAS（阿魏，75分），以及陆地上的ANEMONES（银莲花，77分）等等。我不由得想，植物学家玩这个游戏或许能大有作为。

作为一个喜欢吃蘑菇的人，我居然没有拼出PORCINI（牛肝菌，72分）。而作为一个观鸟者，我以为我已经看过足够多的琵鹭了，但我居然没有意识到我手上的字母可以拼出ROSEATE（玫瑰色的，73分，roseate spoonbill是一种鸟，叫玫瑰琵鹭）。

在物理学的世界里，NEGATON（负电子，77分）只是电子的另一种说法。我吃惊于自己居然没有看出GYRATORS（回旋器，68分），说明我的物理学得真不怎么样。不过，你如果想要FOREKNOW（预知，104分）的能力，那就不是物理学而是形而上学了。

如果一个人的气管呛进了食物，需要海姆利希手法（Heimlich's maneuver，气管呛进异物时的抢救法，以手猛击呛食者胃部使异物喷出）。他可能会栽在我手里，因为我不认得MANEUVER（手法，84

分）。要是你没有拼出VIROLOGY（病毒学，68分），那么你认出VARIOLES（痘痕，71分）的可能性也不大，除非你的脸上还残留着皮疹留下的疤痕。这个词在地质学上也有球颗的意思，地质学家用它来形容岩石表面的麻斑，它们或许是BOLIDES（火流星，95分）从外太空穿入大气后散落的碎片砸在岩石表面形成的。说起岩石，如果你要攀岩，REVERSO（由Petzl公司研发的一种登山保护器，68分）这东西还是用得着的。

我怎么会没认出CAESAREAN（剖宫产，68分）呢？现在可是有三分之一的美国孩子是这样出生的啊。另外，我虽然知道有种怀孕激素叫雌三醇（estriol），却不知道它还有个名字叫THEELOL（81分）。说到怀孕，许多哺乳动物的怀孕都是ALLOGAMY（异体受精，86分）的结果，之后就是DIESTRUM（动情间期，70分）了。

面对这种种失误，我简直想找个风景宜人、面积有DEKARES（几十公亩[2]，90分）的地方，在1.8米厚的SOLONETZ（碱土，101分）底下长眠了事。或许在参加完我的葬礼之后，当聚集的人们相互多交换一些单词时，会为我说两句好话。（翻译　红猪）

注释

1．Scrabble，一种英语拼字游戏，玩家用从袋子里抽出的7张字母牌，在15×15的彩色方格棋盘上拼出单词得分，棋盘上的不同位置和不同字母代表不同的分数。

2．1公亩等于100平方米。



小孩子有大智慧

别小看小孩子的智慧，他们往往有惊人之作。

做父母的总是会想，孩子能从自己身上学到什么。举例来说，我母亲的语言表达能力很强，在我两岁时，我母亲曾问我是不是尿湿了（wet），我的回答据说是：“不仅湿，而且浸透（saturate）了。”而我父亲呢，他喜欢从字面上理解问题。于是在一两年后，有人问我最喜欢的唱片是怎么放起来的时候，我的回答是“转了一圈又一圈”（那时可移动唱片刚出现，音乐被压制在巨大的胶盘唱片上，唱片在名副其实的“唱

盘”上转动）。

别看那些小淘气个子小，说出来的话却可能早熟得离谱。2011年6月1日，弦论专家布莱赖恩·格林（Brian Greene）在2011年世界科学节上作了一个简短发言，让我不由想到了这个。格林说，他有时会很好奇：一个小孩子，究竟能从家人在饭桌上的谈话中吸收多少信息？他还表示，他本人已经获得了一些值得考量的数据——一次，他抱起3岁大的女儿，说爱她胜过宇宙中的任何东西，小姑娘反问：“只是这个宇宙，还是多重宇宙？”

再举个印象更深刻的例子（至少对我是这样）。我那7岁大的侄孙经常对各种科学和数学问题表现出浓厚的兴趣。他和许多学龄前的孩子一样，也对冥王星在2006年被踢出行星家族感到相当失望。他非常悲伤，以至于在我问及此事时，他只说了句：“我不想谈这个。”还有一次，他的祖父开车载着他驶离一条公路，开上环形立交，依次经过北、东、南、西四个方向后，开上了另一条公路。这一系列操作结束之后，孩子说了句：“我们转了270度。”这要么是从聪明的父母那里学来的，要么是在极限运动比赛里看来的。

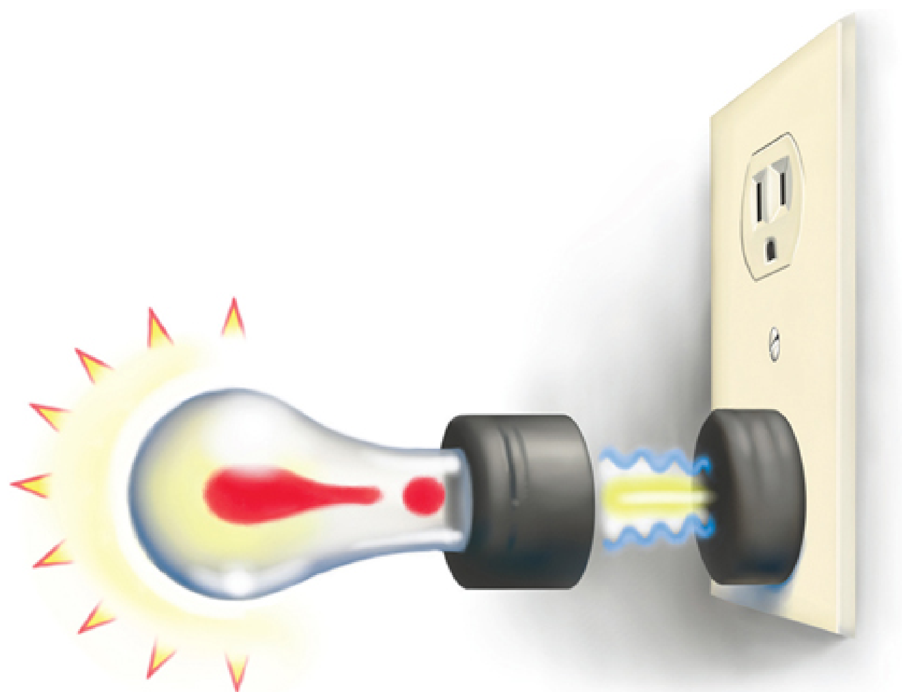
当然了，不是所有孩子都会投身科学事业。很多孩子（即使不是大多数）似乎都挺适合当律师，如果他愿意的话。在这里，我就谈谈一个熟人的7岁小孩。她父母允许她在沙滩上“再玩5分钟”，时间一到，父母提醒她离开。不料，小姑娘宣布，时间不可能已经过了5分钟。“我看才过了10秒。”声音从漏风的牙齿间溜出。当然了，她刚才可能正以相对论速度移动，如果是那样，她和父母就都是对的。

当我将这篇文章交给《科学美国人》（*Scientific American*）的主编玛丽埃特·迪克里斯蒂娜（Mariette DiChristina）时，她跟我说了她5岁大的女儿马洛里（Mallory）快速心算的故事。马洛里有一次大声提问：“等我像妈妈那样到42岁时，妈妈应该是几岁？”“我们算算看。”玛丽埃特开始心算。但小姑娘立马就回答了自己的问题，一边还笑话她这个笨妈妈真会去费心计算：“哎呀，妈妈，那时你已经死了呀！”

以上讨论的小孩确实都很聪明，很有见识，但要说到小孩子的可怕脑力，恐怕还没人比得上幼年时的卡尔·弗里德里希·高斯（Carl Friedrich Gauss）。据说，这位数学家在念小学时，老师给他布置了一道从1加到100的无聊作业。那位老师大概是想让小高斯就这么1加2得3、3加3得6、6加4得10地加下去，加到呕吐为止，他自己好趁机去墙

角打个盹。可是没过多久（可能只有10秒）高斯就宣布答案是5,050。老师一算，还真对了。

如果你不知道他是怎么算的，到网上搜索“高斯”和“数列”就行了。你也可以把这个问题丢给哪个小不点。如果对方瞬间算出结果，他可能就是多重宇宙里最聪明的孩子之一。（翻译　红猪）



他们年轻　他们干劲十足

就在我们发愁的时候，一些年轻的大学生正忙着创造未来。

这年月，无论是看报纸、看美国有线电视新闻网（Cable News Network， CNN），还是看四周，都难免有种大难临头的感觉。但我在2010年10月底遇到的一群人，却着实给我打了气。他们提出了许多新想法，设计出了很多新玩意，让我眼前一亮。当时，美国发明家名人堂在弗吉尼亚州的亚历山大市举办了第20届大学生发明家竞赛，我遇到的就是最后闯进决赛的那10支队伍。

这个竞赛的宗旨是选拔出最好的本科生和研究生发明队伍。我第一次报道这项赛事还是在2004年，那年的大奖得主是厄兹居尔·沙欣（Ozgur Sahin）。他在11岁时就用乐高积木搭建出了一台机械加法机。2004年，他凭借改进的原子力显微镜摘得大奖（我本人迄今在智力上的最大成就是成功摸索出如何在一台数字电话答录机上设定时间）。

在2010年的竞赛作品中，有一件非常精巧的器具，我一眼就看上了。它的设计者是美国利哈伊大学（Lehigh University）的三位本科生：迈克尔·哈尔姆（Michael Harm）、格雷戈里·卡佩切（Gregory Capece）和尼古拉斯·罗查（Nicholas Rocha）。三人在念大学一年级时，曾有人要他们设计一件能让上了年纪的人在家里多呆些时间的厨房用具。

我们也来构思构思：一台内置了放大镜的冰箱怎么样？这样就能让老人家看清楚里面藏着什么了。一张可调节桌腿长短的桌子怎么样？这样就不用在吃饭时徒劳地往桌脚下垫火柴纸夹来阻止它摇晃了。在厨房工作台上安一台可自动换台的电视机怎么样？这样，它就能在感应到电视中播放的恶意的政治言论时，自动切换成舒缓的音乐了。

然而罗查这个大胆的本科生提出的方案与我们的构想截然不同。为了将自己的队伍领上正路，他进行了一项十分新颖的研究：找上了年纪的老人们拉家常。他在颁奖晚宴上对听众说："我来自佛罗里达州的维罗比奇，我们那里有许多退休老人。我和祖父母还有他们的朋友聊天，了解他们在厨房里都会碰到哪些困难。他们说：'我喜欢用搅拌机，喜欢用烤箱，也喜欢用电动开罐器，全都喜欢用，可要是一下全都摆出来的话，厨房工作台上就会堆得满满当当。'于是，这些老人家就要不停地插插头、拔插头，这对他们来说并不轻松。"我本人暂时还不会去申领养老金，但有时也会觉得从墙上拔下三相插头简直应该列入奥运会比赛项目。

"老人家的急需就是发明的方向。"在这样的指导思想下，三个年轻人想出了一种"M插头"。它是一个能分成两半的圆柱体，其中的一半始终插在墙上的插座里，另一半则连接在咖啡壶或其他电器的插头上。（另一半要多备几个，甚至可以给每个需要频繁插拔插座的家电都配一个。）只要两部分相互靠近，吱啦！（各位要是不喜欢这种音效，可以改成号声。）内置的磁铁就会将它们吸到一起。这个装置不像三相插头那样需要对准方向，只要两面对齐，就能形成电流。

三位年轻人展示了一个样品，但他们说磁力还要微调一下，这样既能够保证两部分互相贴合，还能让你那位慈祥可敬的老妈妈轻而易举地将它们分开。这样，她才能在早餐过后拔掉咖啡壶，连上搅拌机，开始调配打完高尔夫之后要喝的那一杯鸡尾酒。

本科生组的其他作品包括一款新型手术用止血海绵，这种海绵能够

自行溶解，即使不小心留在病人体内也无妨，这正是外科医生在发现止血海绵少了一块时梦寐以求的事情。还有一件作品是个智能钻头，可以用来指导经验不足的整形外科医生以精确的角度打磨骨头。（目前的做法是让经验丰富的医生用手指点着骨头的一端，并让新手瞄准他那根训练有素的手指。）研究生组的作品比沙欣的那台加法机还复杂。若要完整了解入围选手和优胜者的情况，请访问www.invent.org/collegiate。对了，记得要插插头哦。（翻译　红猪）



吃吃东西　跳跳舞

几招简便方法，解决烹饪和舞蹈中的老大难问题。

在上一代人的眼里，今天的发明完全不可思议。比如我每天都用口袋里的智能手机和美国各地的人玩拼字游戏。我这部手机的优点是用途多、功能强，就在昨天它还自行编辑了我撰写的一条信息，把其中一个让人反感的单词改成了更加斯文的“公爵夫人”（duchess）——尽管两个单词只有第二和第三个字母相同。

虽说种种神奇的小东西已经普及开来，但眼下还是有两三样真正实用的装置有待发明。我说的不是那种能杀出一条血路的飞行轿车，而是我们真正需要的东西，比如逐个成熟的香蕉。当你买下一把香蕉，它们为什么就非得在同一时间发育成熟呢？按理说应该是周一熟一根、周二熟一根，循序渐进地熟才好。这个想法并未超出科学家的能力范围，农学家完全能够让香蕉的外皮厚薄不一，让一把中的每一根香蕉以不同的速度成熟。药学家在面对类似的挑战时就研制出了能逐步释放药力的感冒药，证明这是完全可以做到的！

一种方法是将塑胶唱片重新利用起来。技术的进步（我口袋里的手机就是很好的例子）已经让数百万张唱片遭到遗弃，现在只能躺在全国各家铺着蓬松地毯的录音室里终老。其实我们完全可以把香蕉固定在这些唱片上，然后在正对唱片的方向上装个喷嘴，源源不断地喷出一小股具有催熟作用的乙烯气体。一条机械臂控制着唱片的转速，使它们按照固定的周期，在每分钟33转和每分钟45转之间交替变动（如果唱片够老的话，每分钟16转和78转都是可以的），这样就能确保每根香蕉接触乙烯的时间不同，以不同的速度成熟。这种办法真是既简单又有效。

这种方法不仅能精确调控香蕉的成熟期，还能减小香蕉皮的摩擦力，从而提高它们让行人摔个四仰八叉的能力。说到这里，我不由想到了鞋子。你是不是经常见到打扮入时的美女出入舞厅？她们足蹬名贵舞鞋，那鞋子可能比她们衣柜里所有东西加起来还贵。几个小时后，当美女们离开舞厅时，却不得不把鞋子提在手里，如同拿着两只小小的手袋。这些可怜的姑娘被时髦逼上了绝路——几个小时的舞蹈让她们的双足饱受摧残，肿胀得不成样子。对付这个问题只有一个办法，那就是让舞鞋也具有扩张性。

在一定程度上，脚肿是可以缓解的，只要在鞋帮两侧装上皮筋就行了。这项技术已经让没有鞋带的平底鞋增色不少，每每在机场安检口被迫脱鞋的生意人对它很青睐。然而对舞鞋而言，最难解决的问题则是如何适应脚底的肿胀。应对这种挑战，就像修行者在寻求顿悟。

解决的方案其实就在家家户户的餐桌上：一些餐桌的桌面通常是由两块活动的面板组成，只要拉开活动面板，插入备用面板，原本只能容纳4个人的餐桌就能坐下6个或8个人了。才华出众的制鞋工匠完全可以设计出能像餐桌一样拉开的鞋底：只要插进几块面板，舞蹈者心头的喜悦之情就会随着玉足一齐膨胀。

最后再说说农艺。以前，椰子这种水果是能轻易破开的，但那些好日子已经一去不复返了。现在要想撬开一只椰子，你得动用全套工具才行——是的！我喜欢香蕉和椰子！不过基因工程师肯定有办法让椰子壳变薄，让消费者能像打破蛋壳一样打破它。当然了，壳这么薄的椰子势必无法从传统的椰子树上全身而坠。因此，基因工程师在让椰子壳容易打开的同时，还得把椰子树培育得特别矮小。不把东西弄破，这也是突破的一种嘛。（翻译　红猪）



你信吗？你买吗？

在沉闷的旅途中，五花八门的商品目录成为旅行者的消遣品。但是，谁会真的相信这些广告，并掏钱购买这些价格不菲的小玩意？

2008年2月的一天，我从纽约出发，坐火车北上，去波士顿参加美国科学促进会（American Association for the Advancement of Science）的年会。没想到，人未到，就和科学技术先行邂逅：眼前就放

了一份兜售高精尖产品的目录。我一看就迷失在了“眼前的明日世界”之中。

比如，目录上有种产品能“利用角质蛋白纤维，立刻改变秃顶和脱发的状况”。你只需把这种纤维像撒盐一样撒到头上即可。假如你稀疏的头发还没变白，那就可以像撒胡椒粉那样，少来一点。据说，这些细小的纤维能附着在你为数不多的几撮头发上，经过一段长度不定的时间，你的头发就会变得浓密、茂盛。产品的售价倒真是能让头发竖起来——每盎司（1盎司约为0.028千克）高达23美元。

目录上还有一整版减震鞋的广告，标满了各种小字说明：这种鞋结合充气轮胎技术，在鞋跟安装了“轻巧的能量交换”弹簧。你瞧，弹簧是“鞋底的主要引擎，利用你的体重把身体抬高”。广告宣称：“这简直就是古希腊风神埃俄罗斯（Aeolus）把他神奇的劲风放进每只鞋。”看起来差一点吧。鞋的售价从轻松愉快的120美元直攀220美元天价。

再往下几页，声波与水波在海滩和泳池“邂逅”了：这就是苹果公司推出的播放器（iPod）的防水配件。一旦iPod装进“防碎的聚碳封套，就能防水防沙”。整个封套可以漂浮在水面上，让您在水中也能享受音乐的高雅魅力。广告真正打动我的是“内附背带”。当封套装上背带，再放入能够播放视频的iPod，这套带播放功能的穿戴设备就成了一台“永动机”。此封套以149美元的售价“冲到浪尖”。

下一页介绍了一台硬币自动分装机，“每分钟能分类包装好312枚硬币”。售价17,900美分，另付1,900美分可得到一整套硬币包装纸。

接下来是一台去除“游泳圈”的巧妙装置。这台机器紧贴地面，正面有把手，反面有护膝。使用时，身体和地面平行，从一边扭到另一边。尽管它不高，却像所有运动自行车一样有个后座，用途是摆放滴汗的衣服。机器售价是“扭曲”的199.95美元。

想在离开酒吧前测试一下自己的驾驶能力吗？试一试装有“先进半导体传感器”的呼吸式酒精检测仪。这台数码酒精监测装置“高级而操作简单”。只可惜没有考虑到最大的技术难题：一位烂醉如泥的使用者。产品标价239.95美元，和酒后驾车一样离谱。

还有一种“六头电源”，只要使用墙上的一个电源接口，就能同时使用你所有的电器。售价真是令人如遭电击：99.95美元。

翻过自动旋转表盒、会向空中发射旋转翼的闹钟、能够发射棉花糖的枪，就到了太阳能除鼹鼠机（solar-powered mole repeller）。与之相

反的是人的皮肤，一晒太阳就变黑（solar-powered mole creator）[1]。这根树桩形状的机器，装有光伏电板，可以发出强大的脉冲，把那些讨厌的小家伙赶到邻居的花园。售价：在39.99美元处“挖掘”。

怎样才能让耳朵更灵敏，外表更年轻？试试这款类似手机蓝牙耳机的助听器。因为，所有时髦的年轻玩家都在努力让自己变成博格人［Borg，美国科幻剧《星际迷航》（*Star Trek*）中的半有机物半机械的生化人］。售价是令人无可奈何的39.99美元。

在星巴克里，你的笔记本电脑终于能派上点用场了。它除了储存你未出版的小说以外，还可以通过USB接口为“智能旅行杯”供电，让里面的咖啡保温。售价同样高级：19.99美元。

最后这件，配上图片的话会更清楚明了，但管它呢！这是一台自助式颈椎牵引仪。只消把这东西挂在门上，把脑袋伸进绳套，拉扯绳索，伸展颈部即可。每台54.95美元的售价，叫人头皮发麻。当然，发明这东西的人早晚会得达尔文奖[2]。（翻译　红猪）

注释

1．作者这里是一语双关，因为mole在英语中既可以指鼹鼠，也可以指斑块。

2．达尔文奖，一个奇怪的奖项，专门颁发给那些以离奇而愚蠢的方法令自己意外身亡或失去生育能力，使自己愚蠢的基因不能再传播下去的人。



遭遇智能马桶

两个抽水马桶的故事。

2006年8月初，我收到一则来自印度孟买的消息，那里正在拍摄宝莱坞大片《加油！穆纳拜》（*Keep at It, Munnabhai*）。剧组人员在一个公共洗手间拍摄时遇到了麻烦：每当演员经过自动冲水便池，传感器就

会自动启动，哗哗的冲水声随即响起，这一场戏的胶片也就报销了。“这么多剧组工作人员挤在厕所里，常常会同时触发便池的传感器，冲洗声此起彼伏，响成一片，”电影导演拉库马·希拉尼（Rajkumar Hirani）对美联社记者抱怨道，“事实上，我们不得不暂时离开厕所，等待冲水完毕。”

孟买的自动冲水厕所让我回忆起自己关于自动冲水厕所的倒霉经历。那次遭遇发生在个人计算机的先行者——微软公司总部。

那是1997年：科学家宣布了克隆羊多利的存在，《辛普森一家》（*The Simpsons*）超过《摩登原始人》（*The Flintstones*）成为美国有史以来连续播放时间最长的电视动画片，新出炉的自动冲水厕所使美国的保洁工作受益良多。总而言之，那是迅猛发展的一年。

那年2月，我正在西雅图参加美国科学促进会（American Association for the Advancement of Science）年会。与会记者受邀参观雷德蒙德附近的微软总部，我也理所当然地加入了参观的行列。其间，我离开了报告会场（我还记得报告是关于可靠的声音识别软件的研究进程，给人留下的唯一印象就是这种软件还存在着无法解决的问题），东游西逛了一会，找到了一个洗手间。我走进去，把马桶盖子掀起来，然后按照正常流程解决内急问题。搞定之后，本着对公众利益负责的态度，我试图冲水。意想不到的问题出现了。

在寻找任何手柄、按钮甚至拉绳未果以后，我发现了一个很小的黑色方框，中间还有一个闪亮的红点。我意识到自己遇到了电子技术。

显然，这是一个传感器，它应该在终端用户提裤走人的同时，触发自动冲水系统。但是，我既没有见到水流涌出，也没有看到马桶被清洗，更没有目睹流水呈漩涡状退去。在没有清除所有的“罪证”之前，我是绝不会离开的。于是，我开始了一场极其细心的调试分析。通过对马桶上所有部件的几何性质、相对位置和功能进行了详细分析之后，我得出结论：根据传感器的安装位置，它只能被一样东西阻隔，那样东西就是掀起的马桶盖。只要马桶盖子呈掀起状态，系统就会默认马桶还在使用之中。于是，我放下了马桶的盖子。

这个简单的动作，在解决了上百万场婚姻危机后，终于成了我的救星。这个被我们称为“电子眼”的东西突然意识到，人类的任务完成了。水开始向大海奔流，把很小一部分经过处理的咖啡因送入皮吉特海湾。

在洗手的时候，我开始反思在微软的如厕经历，有两种可能的答案

可以解释我遇到的问题。一种可能是：安装自动冲水部件的人运用最先进的运动传感技术和深层次的人体工程学理论，促使人们养成放下马桶盖的习惯。另一种可能性是：马桶盖和传感器只是偶然组合在一起，形成了鲁布·戈德堡式（Rube Goldbergian）[1]串联，因此，马桶盖起到了旧式冲水手柄的作用。作为一个通过点击“开始”来关闭计算机的视窗操作系统（Windows）的用户，或者作为一个知道大多数人对冲洗马桶并不会如此敬业的人，我打赌是后一种可能造就了这个自动冲水马桶。

（翻译　徐蔚）

注释

1．鲁布·戈德堡（Reuben Lucius Goldberg，1883.7.4～1970.12.7），美国国家漫画协会的创始人及主席，美国历史上最著名的漫画家，因在漫画中设计“鲁布·戈德堡机械”而闻名于世。这个机械的特点是用非常复杂的设计来完成极其简单的任务。后来，Rube Goldbergian这个词常常被用来形容那些过于复杂的事物。



大象如何站在铅笔上

一个关于石墨烯、大象和铅笔尖的故事。

这是@qikipedia在2011年9月1日发的一条推特（Twitter）全文：“如果有一层保鲜膜那么厚的石墨烯（graphene），那么想把它刺穿就需要一头大象平衡地站在一支铅笔上。”一番侦察工作显示，这个说法源自哥伦比亚大学（Columbia University）的机械工程学教授詹姆斯·霍恩（James Hone），他在2008年说过：“我们的研究证明，石墨烯是人类所知最坚韧的物质，比结构钢还坚韧200倍左右。如果有一层赛伦保鲜膜（Saran Wrap）那么厚的石墨烯，那么想把它刺穿就需要一头大象平衡地站在一支铅笔上。”

这位教授的宣言引发了一系列问题，第一个问题：“什么是石墨烯？”微软的Word软件就不知道，它一个劲地在“graphene”底下画红色波浪线，那意思是“你要写的是不是‘grapheme’（字母）？”（当然不

是，尽管我的确在这个页面上堆满了各种字母。）

幸好，维基百科总算是收录了石墨烯的定义，它来自安德烈·海姆（Andre Geim）和康斯坦丁·诺沃肖洛夫（Konstantin Novoselov）合写的一篇论文（这两位就是凭借对这种神奇物质的研究获得了2010年度的诺贝尔物理学奖）。他们的定义如下："石墨烯是一种紧密组装成二维蜂窝状栅格结构的单层碳原子（原文如此），也是构成其他各种维度石墨材料的基本成分。它可以变成零维的富勒烯，卷成一维的纳米管，或者堆成三维的石墨。"请想象一张铁丝网，再将网上的每个节点替换成一个碳原子，你想象出来的这个怪东西就是石墨烯了。（好吧，是虚拟的石墨烯。）

霍恩教授是宁愿设法将几层石墨烯堆叠成保鲜膜的厚度，也不愿意为我接下来的问题费心的。那么，善良的读者，我就把这些问题都留给您吧，我们这就开始。

首先，那支铅笔是垂直的还是水平的？就权当它是垂直的吧。这样一来，那头大象的全部体重就都集中在石墨烯的一点上了。水平的铅笔在多数状况下都是没有用处的（比如躺在铅笔盒里时），除非是在墙壁上写字。

其次，那支铅笔是用什么做的？普通的铅笔头不可能承受大象的体重。那么答案肯定是被卷成巨大纳米管的石墨烯。（对纳米管来说是巨大的，但对铅笔来说正好。）制笔的时候不妨在石墨烯卷里加入一根较细的石墨柱体，这样就真的可以书写了，可那样又太学究气了一点。（不过话说回来，不能写的还能叫铅笔吗？大概不行吧。有人跟我说过我不能写，而我也显然不是一支铅笔。）

总之，我们现在有了石墨烯保鲜膜和石墨烯铅笔。下一个问题是：那头大象要怎么弄到铅笔上去？且慢，稍等片刻。这大象是体重6,800千克的非洲象呢，还是体型较小、仅重4,500千克的亚洲象？

这两种动物不光是体型不同，性情也大不一样。你或许可以安然无恙地让亚洲象表演这个特技，但我是不会试图让一头非洲象站上一支铅笔的，尤其是一头非洲公象。它或许无法将石墨烯的铅笔压断，但十有八九会奋力抗拒，把整个实验室摧毁。

其实仔细想想，我们对那头大象了解得并不算多。它是一头成年象，还是一头象宝宝？要站上铅笔的话，一头亚洲象宝宝是最容易的选择。另外，大象接近石墨烯的时候，研究人员有没有播放美国作曲家亨

利·曼西尼（Henry Mancini）的《小象进行曲》（*Baby Elephant Walk*）[1]？如果没有，是为什么？毕竟这样的机会可不是天天都有的。

当象宝宝的体重集中在铅笔的笔尖上时，产生的压强能将下面的石墨烯刺穿吗？如果实验原本需要的是一头成年非洲象，那么我很怀疑那头100千克的象宝宝是否够重。如果那头可爱的小象把全部重量都压在那支强度卓绝的纳米铅笔上，那么保鲜膜或许没有问题，就怕小象会撑不住，铅笔会在可怜的象宝宝身上扎个洞，并整个陷进它的肉里。这下，就会有一头受伤的亚洲象宝宝在你的石墨烯上血流不止，一头象妈妈在一边气得发疯，一群动物保护组织的人在外面大声抗议了。

我们最终还是得挑选一头完全长成的亚洲象，它的身上要包裹一层保护性的石墨烯，它的象腿站在石墨烯的铅笔上，在石墨烯的薄膜上保持平衡。而且它还不能像这篇专栏文章这样——偏离中心。（翻译　红猪）

注释

1. 《小象进行曲》，亨利·曼西尼为影片《哈泰利!》（*Hatari!*）所作的插曲。



挂羊头　卖狗肉

谈谈我们的鱼类和鸟类朋友。

在感恩节那天，我亲眼目睹了一只鸟是怎样填饱自己肚子的。那是位于美国佛罗里达州博因顿比奇的洛克萨哈奇国家野生动物保护区的一只大蓝苍鹭（*Ardea herodias*）。正午刚过，这只苍鹭猛地把它的长嘴插

进运河上漂浮着的一团植物中，当它把嘴拔出来时，脸上粘满树叶，中间是一条像鹅那样怪叫着的鲶鱼。这位鸟类美食家如此漂亮地露了一手，就把色拉和寿司两道菜全都搞到了。

随后，大蓝苍鹭在飞行了约70米远后，来到一片沙洲，把它的战利品扔到地上，并开始检查另一条大鱼的情况。这条鱼显然是它先前捉到并藏在这里的。（我在网上找到一些参考资料，证明大蓝苍鹭偶尔才会同时捉到两条鱼，这使得我的观察不能称之为真正的科学新发现。）

大蓝苍鹭每次捉到大的猎物，都要把猎物摆弄好一阵子才一大口吞下去。它反复地用喙戳鱼，把鱼弄软，然后把鱼浸在水中弄湿，还要调整鱼的方向让鱼头朝前，便于吞进嘴里。我看见那只苍鹭将两条鱼来回摆弄。虽然是感恩节假期，但在这个野生动物保护区中看不到火鸡的踪影，只是有一些红头美洲鹫（turkey vulture）飞了过来，想从苍鹭那里分一杯羹。苍鹭哪里肯让，拼命想保住自己的两条鱼，但最终还是力不从心，不得不把第一条鱼让给了红头美洲鹫，自己则专心摆弄那条比较新鲜的鱼。折腾近一个小时后，苍鹭叼起那条已经被啄得伤痕累累、完全变软了的鱼，把它转到一个适合吞食的方向，然后一口吞了下去。看完了这一幕，我就去了父亲家中，狼吞虎咽海吃了一顿。

感恩节刚过，另一则与鱼有关的消息让美国佛蒙特州的人大跌眼镜。据《伯灵顿自由报》（*Burlington Free Press*）报道，尚普兰湖中的八目鳗经常抢在人之前吃掉美味的鲑鱼和鳟鱼，佛蒙特州人岂能容忍，于是把它列为“佛蒙特州‘最不受欢迎’入侵物种名单上的头号恶棍”，但基因分析却发现，这种八目鳗其实是佛蒙特州土生土长的鱼，并非什么入侵者。要说它的原住民资格，也真是老得吓你一跳：早在11,500年前，那时尚普兰湖才形成不久，这种鱼可能就被困在湖里了。

这件事让向来以身为佛蒙特人而自豪的当地人大受打击。有一个流传很广的故事说，一对佛蒙特州夫妇来到美国新罕布什尔州一家紧靠两州交界处的医院，妻子在那里生下了孩子。第二天，这对夫妻就带着他们的宝贝儿子回到了佛蒙特州的家中。这个孩子从此再未离开过佛蒙特州，后来成了一位德高望重、备受尊敬的市民，活到将近一百岁才安详地驾鹤西去。当地报纸刊发讣告的大字标题为：“新罕布什尔州的一位先生在佛蒙特州辞世”。

最后一则消息讲的是一伙侥幸逃生的鱼。美国爱达荷州参议员拉里·克雷格（Larry Craig）看来有意要跟美国俄勒冈州波特兰市的“鱼类数量

统计中心”过不去了。据《华盛顿邮报》（*The Washington Post*）报道，该中心的鱼类统计数字表明，哥伦比亚河–斯内克河水力电气工程令不少鲑鱼死于非命。如果让一部分水漫过水电站的堤坝，而不是从水轮机中流过，那将使众多鲑鱼得救。此事闹上法庭后，一位法官作出了对鲑鱼有利的判决。

参议员克雷格曾被美国国家水电协会授予“年度最佳国会议员”的称号，此时，他再不出手相助，更待何时？他只是在一份涉及了300亿美元拨款的总法案中轻轻地加上几句话，便令鱼类数量统计中心每年应获得的130万美元经费一笔勾销。克雷格抓住2003年的一份独立审计报告来刁难该中心。这份报告的确对该中心提出了几点批评意见，但《华盛顿邮报》援引一位审计报告作者的话说，该中心的工作技术水平是相当高的，审计人员对它的工作总的来说持肯定的态度。然而克雷格却玩弄断章取义、攻其一点不及其余的手法，利用该报告来误导公众。

克雷格在为他们的行为辩护时认真地说：“错误的科学导致错误的选择。”而不讲科学则只能导致无所作为。他的新闻秘书在回答记者的提问时表示，克雷格绝非报复，因为“这不是他的作风”。该新闻秘书的名字也相当妙，叫“牙鳕”（Whiting），这名字可是同鱼大大有关的啊！（翻译　吴安）



利润的泪花

一些人可能会为清理洒掉的牛奶而哭泣。

“如果打算生产无铅玩具、安全食品这类产品，那么生产成本将提高，这就意味着沃尔玛超市里产品的价格将上涨。”

这段话是美国CNBC财经频道主播、“米洛·明德宾德商学院（Milo

Minderbinder School of Business）的毕业生”埃琳·伯内特（Erin Burnett）说的。如果有人对米洛·明德宾德不了解，请允许我作一下简单介绍：米洛·明德宾德是约瑟夫·海勒（Joseph Heller）的著名小说《第二十二条军规》（*Catch-22*）中的一个人物，他利用第二次世界大战发财，有一个庞大的自由贸易组织，名为M&M公司——第一个M代表米洛（Milo），第二个M代表明德宾德（Minderbinder），中间的“&”用以消除“该组织由一人掌控”的印象。

M&M公司是一家真正的跨国公司。米洛·明德宾德与德国人作了一个交易，让美国士兵轰炸美军自己的基地，以此节省各方面的开支。当然，这样一个残暴可恶的举动，势必带来很多无法避免的后果。“这次米洛玩得太离谱了……政府高官介入调查，议会愤怒指责这种暴行并要求对他进行惩罚。军人的母亲们团结起来，声称要进行复仇。没有一个人肯站在米洛一边为他说话，所有正派的人都觉得受到了他的侮辱。米洛陷入了墙倒众人推的境地，最后只好公开了账簿，透露了他所赚得的巨额利润。”

另一次冒险是，米洛·明德宾德垄断了埃及的棉花市场。但是他发现他卖不掉这些堆积如山的传统纺织品原料。于是他找到约塞连（Yossarian）——《第二十二条军规》中的主角，给他尝一些又软又圆的棕色东西。“这是什么？”约塞连咬了一口问道。“裹着巧克力的棉花。”米洛回答。约塞连随即吐了出来，“你疯了吗？”“给它一次机会……并不是那么难吃吧。”米洛回应。“何止是难吃。”约塞连言道。后来，米洛又作了一次尝试，他说：“上次是开玩笑的，其实是棉花糖，很可口的棉花糖。”不过，无论这个东西被他称作什么，都依然难以消化。

回到文章开头那段令人难以消化的评论，伯内特试图对自己的“生产无铅玩具、安全食品会降低利润”的警告加以解释：“没有人希望自己的孩子玩危险的玩具，没有人愿意。我不愿意，你也不愿意。但安全和质量是需要代价的。”给以后类似的安全警告提个醒吧：如果没有“但”，这句话听起来将更加真实。简单地说，“安全和质量是需要代价的”。

在一次投票中（并非学术性质），我所调查的人中100%都愿意用更高的价格购买健康无毒的食物。掺入涂料中的铅会使涂料的颜色变得更加明亮和鲜艳。所以很有可能一只给芭比的梦幻狗屋准备的无铅小狗实际上可能是更便宜的，虽然它的毛色看起来不够光鲜。有没有什么例子让这个关于假狗的话题变得更加真实、更加现实呢？近几年，狗粮中

添加了一种含有三聚氰胺的添加剂，那种化学物质其实是一种阻燃剂，只是让食物看起来含有更多的蛋白成分。

列宁有一句名言：“资本家会卖给我们用来绞死他们的绳子。”他若听到商业巨头说“不毒害儿童就可能导致财政亏损”也会震惊吧。但是生意总归是生意。就像当初米洛以7美分一个的价格买进鸡蛋，又以5美分卖出，却还是有利可图。“并不是我创造了利润，”他解释说，“而是整个公司创造了利润，每个人都有份。”

顺便再说一件事情：之前我们曾讨论过爱达荷州参议员拉里·克雷格（Larry Craig，曾被美国国家水电协会授予“年度最佳国会议员”称号）是如何在法案中加入几句话从而试图关闭俄勒冈州的一家鱼类数量统计中心的，而事件的起因是由于该中心的统计数据表明当地一个水电系统导致了鲑鱼数量的下降。然而，此后克雷格意外地突然辞职，他该有更多的时间在斯内克河边垂钓了。（翻译　姬十三）



无处打喷嚏

戴着面罩该如何打喷嚏？吃火鸡会瞌睡吗？幻灯片和机场安检一定有效吗？让我们一起来破除生活中的种种“迷信”。

约吉·贝拉（Yogi Berra，美国扬基棒球队最有名的捕球手）、电焊工和外科医生都面临同一个问题：戴着面罩时如何打喷嚏？捕球手和电焊工打喷嚏，身体不过难受地反弹一下，而外科医生打喷嚏则忧心忡忡，唯恐把各种细菌喷进手术中在病人身上“挖出”的大口子。这样可不妙。外科手术时，最糟的就是听到医生说“啊噢”（同样糟糕的是“我的表

呢？”；“哎呀”虽然简洁明了，也让人担心），那么如何避免在“阿嚏”之后又“啊噢”一声呢？

答案可以在《英国医学杂志》（*British Medical Journal*）中找到。该杂志每年的最后一期都会刊登大量趣文，解答科学和医疗中诸如此类的“紧迫问题”。［当初，清教徒如果没有离开英国前往新英格兰，日后为了摆脱《英国医学杂志》，说不定会另创《新英格兰医学杂志》（*New England Journal of Medicine*）。］

先来看看外科医生如何打喷嚏。公认的做法是，外科医生应该正对手术区打喷嚏——因为口罩会让喷出的气流逆行，从口罩边缘飞出，从而远离创口。但是，英国某医院的两名整形医师在查阅文献后，并未找到确切证据证明口罩会把喷出的痰液甩到两边。于是，他俩开始不紧不慢地着手验证这一假说。他们用磨好的辣椒粉刺激戴着口罩的志愿者，并用高速摄影技术记录他们打喷嚏的情况。

实验结果：仅有少量喷出的气流从边缘逸出，还有一些从底部溜出，飞到外科医生的胸前。大半喷出物似乎都留在医师身上，病人则一尘不染。在这里，两位医师没有给出明确的建议，所以可以这样理解：“外科医生在手术中如果想要打喷嚏，完全可以顺其自然。”这条指导简直就是理性版的“祝你健康”（美国人对打喷嚏的人习惯性地说“祝你健康”）。

《英国医学杂志》还特别刊登了一篇评论，破除了另一个流传甚广的“医学迷信”。评论称，感恩节大餐引发的倦怠感，并非火鸡中色氨酸的作用。自从那年感恩节，刚吃过火鸡大餐的戴夫老爹（Uncle Dave）在美国国家橄榄球大联盟（NFL）双重赛的第二场中，解开腰带躺在沙发上酣睡，这种氨基酸就背了好几年的骂名。实际上，色氨酸在火鸡肉中的含量与在等量的鸡肉、牛肉中的含量相同，而猪肉和奶酪中的色氨酸含量其实更高。引起嗜睡的真正原因是，大餐促使血液流出脑部，从而带走了氧分。此外，正如评论作者指出的那样：“酒可能也起了推波助澜的作用。”

在题为《一位医师生命中的一天：PowerPoint演示》（*A Day in the Life of a Doctor: The PowerPoint Presentation*）的一则简讯中，两位英国内科医生指出：“PowerPoint演示的主要目的是娱乐观众。演示中的知识性内容反倒没人在意。”他们进一步建议：“一页幻灯片中排版的行数越多、字号越小，其中偶然引用的数据遭到批评的风险就越小。”另

外，“在规定时间内，幻灯片张数与此后被问到棘手问题的数目成反比”。

另一项研究对机场各种检查的效果和目的提出了质疑。来自哈佛大学（Harvard University）、麻省理工学院（Massachusetts Institute of Technology）和华盛顿大学圣路易斯分校医学院（Washington University School of Medicine in St. Louis）的研究者认为，“目前使用的安检工具”并未通过任何科学测评。他们提出了一个关键而简短的问题：“在内衣里藏不下的东西，难道还能藏到鞋子里去么？”他们还指出：“尽管在火车和飞机上受到袭击的概率相当，但是在美国航空安全的花费（每位乘客9美元）比铁路（每位乘客0.01美元）高出一千倍。”他们解释道，这“好比只为左边乳房用乳房X线照相术做检查”。说真的，每次坐飞机时在机场看见标志，说什么当天的恐怖袭击指数“高”，我就会问：“这个‘高’是相对于什么而言的呢？”当然我也不便明说，毕竟，我不想被飞机拒之门外。（翻译　红猪）



寻找征兆

科学杂志所能刊登的最准确的星座指南。

我们这些《科学美国人》（*Scientific American*）的编辑记者都是坚定的经验主义者。尽管天文学和占星术在历史上系出同源，但现代占星术却纯属胡说八道（我们这么说，是因为不想在一份家庭杂志上使用比“胡说八道”更严重的字眼）。

话虽如此，我们杂志的几位编辑记者也在琢磨：在我们的杂志上刊登星座指南，会有什么效果呢？我们现在就来验证一番吧。下列星座指南没有科学根据，因为占星术本身就不可能有科学根据，但描述中倒是

充满了科学味。我们在特定星座旁边附上特定的预测，版式仿照报纸或杂志上常见的星座指南。（可耻啊，你们这些号称正统的新闻媒体，居然刊登这种垃圾。）某几条预测可能显得与我们探讨的星座密切相关，但是实际上这些预测的位置可以随意互换，因为关于你出生的真正重要的变数是当时当地的国内生产总值（GDP）。下面我们就来看一看。

水瓶座：

“穿越风暴时，要昂起头颅。”作为歌词倒是漂亮，但作为建议就显得可怕了——如果风暴中带电的话。

双鱼座：

你害怕在冰淇淋中添加的鱼蛋白，虽然这些鱼蛋白让冰淇淋的口感更顺滑。但你本身基本上就是条稍加改进的鱼而已——在解剖学、生理学和基因学上都是如此。因此，吃几粒Ω-3脂肪酸片，读一本尼尔·舒宾（Neil Shubin）[1]的《你体内的鱼》（*Your Inner Fish*）吧。随便说说，仅供“鱼乐”。

白羊座：

你想要克隆你的爱犬宾奇，因为你希望宾奇二号会知道，“原版”宾奇在死于犬瘟热之前，把它最后一次从茶几上叼走的皮夹藏到了哪里。这暴露了你既不明白克隆技术，也不了解宾奇把东西藏起来据为己有的天性。

金牛座：

近日，美国普林斯顿大学（Princeton University）的研究者在某太空区域观察一颗超新星（supernova）的形成时，却通过X射线探测到了另一颗超新星的形成。这让我想到如下场景：X射线检查的结果出来了，放射科大夫看过片子之后告诉你，你的胳膊断了两处。

双子座：

基因对行为的影响看来非常强大，强大到你和生来就从未谋面，甚至不知道对方存在的同卵双胞胎弟兄，都花了几乎全部的时间在电视上观看体育运动——而一般美国男人仅仅是花许多时间在电视上观看体育运动。

巨蟹座：

鲎的血液中蕴含的是血蓝蛋白，而非血红蛋白。这种物质将氧和铜相结合，而非与铁结合。因此，这种俗称马蹄蟹的节肢动物体内流动着美丽的浅蓝色血液，而非那种不缠上止血带就会从胳膊的伤口中不断流失的鲜红色黏液。

狮子座：

“一种类似阿尔茨海默病的致命疾病袭击了猎豹的内脏器官，从而妨碍了这种猫科动物在驯养条件下的繁殖行为，这种疾病可能通过粪便传播。”《科学美国人》（*Scientific American*）网站于2008年5月12日刊登了以上报道。因此请记住一点：从养生的角度看，大腹“便便”者，未老先衰。你说什么？你本来就觉得“猎豹是不可能成功的（Cheetahs never prosper）[2]”？

处女座：

有人反对使用宫颈癌疫苗，因为生怕它会助长淫乱之风。这大致等同于反对使用脊髓灰质炎疫苗，因为其可能增加健康人在公共泳池溺死的危险。管他呢，你们都已经注射过了。

天秤座：

好消息是，你将置身于一次法医学调查，调查中使用的技术先进得令你惊叹，这些技术在《犯罪现场调查》（*Crime Scene Investigation*, CSI）[3]中都曾出现过，如运用脱氧核糖核酸（DNA）扩增等方法，你就能通过最小块的躯体残骸来辨认某人。坏消息也是它，如果你明白我们是在哪里干这活的话。

天蝎座：

如果不是当初早产，你本可以成为射手座，甚至摩羯座的。但影响你人生轨迹的转折点并非早产本身，而是你母亲曾在怀孕期间吞云吐雾的事实。

射手座：

在成为训练有素的宇航员之后，你会踏上漫漫旅途，前往国际空间站修理厕所。

摩羯座：

你以前反对过胚胎干细胞研究，现在勉强支持，因为你意识到，屏幕上的迈克尔·福克斯（Michael J. Fox）[4]并没有抖动，抖的人是你。（翻译 红猪）

注释

1．尼尔·舒宾，美国进化生物学家，于2008年出版了著作《你体内的鱼：35亿年的人体历程》（*Your Inner Fish: A Journey Through the 3.5-Billion-Year History of the Human Body*），在书中追溯了从海洋生物到陆地生物的进化历程。

2．这是迪士尼电影《狮子王》（*Lion King*）中犀鸟沙祖（Zazu）对辛巴（Simba）说过的话。

3．《犯罪现场调查》，一部讲述警方如何运用法证科学破案的美国电视剧。

4．迈克尔·福克斯，加拿大演员，1991年时患帕金森病。



许愿要当心

公众热情高，科学有隐患。

2009年10月，一篇博文在科学记者圈子里广为流传。美国科学记者拉里·胡斯滕（Larry Husten）在cardiobrief.org上探讨了主流报纸以报道棒球赛的热情来报道科学事件可能给社会带来的好处。如果真是那样

的话也挺不错的。但作为铁杆运动迷，我很清楚媒体如果这样报道的话可能会产生意想不到的后果。比如，想象一档完全谈论科学话题的广播节目是这样开始的：

“大家下午好！今天各位的生命体征（vital signs）[1]都怎么样啊？这里是由疯子科学家（简称疯科或阿科）和迈克（Mike）主持的量子电动力学（QED）广播，节目在诺贝尔电视网同步直播！迈克，你好吗？”

“不错，疯科，我挺好的。新一期的《自然》（*Nature*）和《科学》（*Science*）已经上市，其中话题挺多，还包括火星漫游车的最新状况。勇气号坏了个轮子，上了报废清单，但美国国家航空航天局（National Aeronautics and Space Administration, NASA）还有些妙招，也许能让它重新投入工作。”

“另外，科学家还公布了马的基因组！希望在贝尔蒙特马赛上能用得着，迈克——”

“可别在这上面下赌注，阿科。你看嘛，他们研究人类基因组序列多久了？10年？不，到2010年有12年了！他们已经知道人类基因组序列这么久了，可还给你和我吃同样的药，根本就没有个性化用药。可他们知道基因组序列都已经这么久了！”

“说得好，迈克，说得太好了。那么我们接通电话听听科学粉丝们都在想些什么吧。来自雷哥公园的莫里斯（Morris）你好，欢迎来到QED。”

“阿科好，迈克好，我期待很久了，但这是我第一次打进电话。”

“莫里斯，今天想说点什么呢？”

“我想建议来一次转会。让美国哈佛大学（Harvard University）用史蒂文·平克（Steven Pinker，美国语言学和心理学家）和诺姆·乔姆斯基（Noam Chomsky，美国语言学家）来交换肖恩·卡罗尔（Sean Carroll）和一个人选待定的博士后怎么样？”

“莫里斯老兄，你说的是哪个肖恩·卡罗尔？加州理工学院（California Institute of Technology）的那个物理学家还是威斯康星大学麦迪逊分校（University of Wisconsin-Madison）的那个进化生物学家？你这样直接打电话过来，连哪个肖恩·卡罗尔都没有说明白，这是不行的。你说是吧，迈克？！”

“这是个问题，阿科，另外还有个更大的问题——诺姆·乔姆斯基不是哈佛的，他是麻省理工学院（Massachusetts Institute of

Technology）的。乔姆斯基是麻省理工的，平克是哈佛的。他以前是麻省理工的，我是说平克，平克以前也是麻省理工的，但现在到哈佛了。可乔姆斯基是麻省理工的，他是麻省理工的。所以两个人根本就不能一起转会，因为乔姆斯基是麻省理工的。”

“你听到了，老莫，打进来之前还得多做点功课，多作点准备。好了，接听下一位，来自曼哈顿的杰里米（Jeremy）。”[背景响起《阴阳魔界》（*Twilight Zone*，美国科幻、奇幻剧集）主题曲，杰里米每次打进来都是这个音乐。]“你好，杰里米。”

“进化论只是一个理论！全球变暖是个骗局！”

“拜拜，杰里米。杰里米的水平已达到刻度量筒底部，不能再低了。接下来是来自昆斯的小哈尔（Short Hal）。小哈尔，你近来可好？”

“还凑合，阿科，你今天的肝酶水平怎么样？”

“真是个聪明的家伙，小哈尔。小哈尔是个业余肝病学家。小哈尔，你想说点什么呢？”

“嗯，阿科，我在和朋友谈话，他说现在的研究生使用各种各样的提神饮料，激浪啦、双倍意式浓咖啡啦什么的。我不知道他们的研究成果要怎么样和以前那些没用提神饮料的人比较。”

“哈尔，我是迈克。听着，你以为维尔纳·海森堡（Werner Heisenberg）没有服用大剂量咖啡因？他最好的研究是在……在20多岁的时候做出的，对吧？你以为他每晚睡觉都超过两个小时？三个小时？别傻了，他们那时候也有这种东西，可能不是激浪，但他们有办法整晚做研究。我来告诉你他们那时候没有的是什么，没有来自全世界的竞争者在实验室里和他们竞争。今天的年轻人，如果非要比较不可，他们的平均水平可能比那时候还要高。不是说今天最行的人要比那时候的阿尔伯特·爱因斯坦（Albert Einstein）或理查德·费曼（Richard Feynman）行，我是说从平均角度来讲，现代人的平均水平要比过去的人的平均水平要高。”

“迈克，到了原子钟和伯吉斯页岩（Burgess Shale）[2]同步的时间了，就在贝克曼仪器（Beckman Instruments）[3]的广告之后。如果你的分析天平不能帮助你在研究中取得突破，那你最好还是买台贝克曼产的。广告之后马上回来。”[诺贝尔电视网的摄像机捕捉到迈克和疯科正翻阅《美国国家科学院院刊》（*Proceedings of the National Academy of Sciences*）和《物理评论快报》（*Physical Review Letters*），背景传出欧

文·伯林（Irving Berlin，美国词曲作家）唱的《他就是不搭调》（*He Ain't Got Rhythm*），伴随着“对付科学难题，他总是又帅又强”的唱词，两人的身影逐渐淡出。］（翻译　红猪）

注释

1．生命体征，指呼吸、体温、心率等。
2．伯吉斯页岩，位于加拿大落基山脉的古生物化石群。
3．贝克曼仪器，美国试验器材制造商。



狗咬狗的故事

观察事物本身也是一种科学。

所谓科学，既包括实验科学，也包括历史科学和观察科学。实验科学，比如物理学和化学，容易辨明对错。若想法出错或系统罢工，你只要亲手做个实验。

相比之下，历史科学和观察科学较难驾驭。这些领域里的研究者需要采用约吉·贝拉（Yogi Berra）的姿态——“仅仅通过观察，你便能注意到许多”，接着说明事实。或者如伟大的科学家恩斯特·迈尔（Ernst

Mayr）[1]在《达尔文对现代观念的影响》［*Darwin's Influence on Modern Thought*，《科学美国人》（*Scientific American*）2000年7月刊］中所解释的："与物理学和化学不同，进化生物学是一门历史科学——进化生物学家试图解释已经发生的事件和过程。研究者们需要构建一个历史叙事，尝试为他们要解释的事件重构特定的历史场景。"

有时，消费者行为学也被认为是一种历史科学或观察科学。1997年，Quirks.com网站上的一篇名为《观察研究的七条规则：如何观察人们做事》（*Seven Rules for Observational Research: How to Watch People Do Stuff*）的文章中，作者沃尔特·迪基（Walt Dickie）这样描述他的研究："我曾经花了一周时间来观察等待修车的人打瞌睡。我就像是珍妮·古道尔（Jane Goodall）[2]，而他们就像是黑猩猩。"［事实上，大部分"黑猩猩"只希望他们的车能尽快被修好，而很少去"笼子"（休息室）中拿报纸和杂志来消遣。］

历史科学还包括犯罪现场调查、地质学和对棒球比赛得分的解释。所有这些都需要在累积事实后给出叙述。恩斯特曾提到："对于历史叙事的尝试表明，令物理学家查尔斯·珀西·斯诺（C. P. Snow）[3]深受困扰的一个问题——自然科学和人文科学之间的巨大鸿沟，事实上并不存在。"

因此，我们也可以将新闻学看作半科学来讨论。记者搜集事实，然后给出一种或多种可能的叙述来解释这些事实，各种可能的叙述中有时采用最为简洁的版本。

来看看2007年5月上旬美联社的一则报道，标题是《与比特犬抗争，小猎狗勇救小孩》（*Tiny Terrier Saved Kids from Pit Bulls*）。故事发生于新西兰的惠灵顿：

"一只名叫乔治（George）的勇敢的小猎狗，从两只凶猛的比特犬口中救下五名儿童。当时，乔治正与一群买好糖果准备回家的孩子一起玩耍。"读到这里，我们可以感受到一只拟人化的勇敢小狗，正与孩子们一起玩耍，"这时，两只比特犬突然朝孩子们奔来。"其中一个孩子（11岁）回忆道："乔治试图保护我们，它对着那两只比特犬大叫，并冲向它们，但是它们却开始咬乔治。"注意，这个孩子已经不仅仅在描述她自己了——她认为乔治的首要目的是为了保护她。至于事件的结果，这个孩子说："我们都哭着跑开了，一些人闻讯赶来并解救了乔治。"

标题和文章共同描绘了一只勇敢的小狗奋力援救小孩的故事，当然，这也许是真的。然而，仅仅根据文中报道的事实，我们可以给出另

一个不太一样的解释：比特犬出现并接近孩子们；乔治冲向比特犬；比特犬将注意力转向乔治；孩子们跑开了。换句话说，同样的事实完全可以变成一篇标题为《小狗被袭击，五个小孩被吓跑》（*Five Frightened Kids Flee as Tiny Dog Is Attacked*）的报道。

虽然不如那篇新闻报道感人，但后一种版本可能才是事实的真相。记者有科学地叙述事实的义务，作为读者，我们也有责任去客观地分析所看到的报道，就像自己在进行调查取证一样。只有这样，你才能更加准确地了解真相。（翻译　姬十三）

注释

1．恩斯特·迈尔，美国杰出的进化生物学家，被誉为“达尔文的后裔”。

2．珍妮·古道尔，英国著名动物生态学家，从小痴心于动物，为了观察黑猩猩，她度过了38年的野外生活，然后又奔走于世界各地，呼吁人们保护野生动物，保护地球环境。她获得了联合国所颁发的马丁·路德·金反暴力奖，南非前总统曼德拉及前联合国秘书长安南也曾获得此奖。

3．查尔斯·珀西·斯诺，英国物理学家和小说家。他的著作《两种文化》中对自然科学文化和人文科学文化之间的分歧和对立表示严重的担忧。



剃须未尽　斩草留根

> 机场安检，是为了确保飞行安全，却把乘客弄得蓬头垢面，连胡子也刮不成。

“‘奇怪，真是越来越奇怪！’爱丽丝大叫。她一时受惊，竟有些语无伦次，‘我现在简直成了台望远镜，还是最大号的！唉，我可怜的脚，再见了！也不知道有谁来给你们套上鞋袜？’”反正不会是美国运输安全管理局（Transportation Security Administration）的那帮人，他们每天只

负责让机场的200万名旅客脱鞋。

如果刘易斯·卡罗尔（Lewis Carroll）[1]笔下的爱丽丝在感恩节后的周日，与我一同身处美国佛蒙特州的伯灵顿机场，目睹美国运输安全管理局官员没收我父亲须后水的情形，她肯定也难以置信。须后水瓶子的容量为3.25盎司[2]，这显然超过了3盎司的液体限令。但问题是，瓶里的液体只剩下四分之一，远远低于规定的“3盎司”。即便是来自穷乡僻壤、没有受过系统的数学教育的人也不难看出这一点。然而，美国运输安全管理局的人还是没收了须后水，说什么职责所在，包装上的容积超出限额，就得没收。

我越想越奇怪，于是做了个思维实验：假如瓶子空空如也，还会被没收吗？我想一定不会。瓶子不装水，就成了块塑料，徒有一个几何结构。如果真要禁止所有容积大于3盎司的物体，那么我的鞋也该上交。同理，我的双手也上不了飞机。当然，我归心似箭，还是沉默为妙。否则，被关进安检办公室，慢慢解释什么是“思维实验”可不是闹着玩的。

第一次对“安全错觉”现象作出评论，也是在“反重力思考”专栏。那是2003年7月，我出席了一个关于自由与隐私的会议，会上听到一个飞行员的故事，他的指甲刀在登机前被美国运输安全管理局没收，所以只好带了把斧子进驾驶舱。（用斧子剪指甲未免骇人，但话说回来，我父亲也许有兴趣尝试。他在海军陆战队服过役还当过建筑工人，能用1英尺[3]长的木工锉和80目[4]的砂纸修剪指甲。这下明白我为什么长成这副熊样了吧！）

过去，剃须膏是可以带上飞机的，剃须刀必须上交。现在呢？剃须刀能上飞机，剃须膏又受到限制。（感恩节前的周一，我父亲的剃须膏就在劳德代尔堡机场被没收。）

最奇怪的还是这几百名乘客，在所谓“恐怖袭击的威胁很大”的声明中，居然乖乖地呆在安保线内，排成蜿蜒的长龙。威胁很大？和什么相比？大概是昨天吧，那个时候恐怖分子对我们的威胁远比死在浴缸中的概率小得多得多。如今，他们的威胁还是比死在浴缸中的概率小得多。机场照常开放，你要坐的航班也还没被取消，这足以证明恐怖分子的威胁其实不大。

2008年11月，《大西洋月刊》（*The Atlantic*）刊登了杰弗里·戈德堡（Jeffrey Goldberg）的文章《安全剧场》（*Security Theater*），其中可以找到远比“安全错觉”恰当得多的措辞。戈德堡认为，机场的安检程

序不过是让美国运输安全管理局的官员及乘客安心，实际效果不过尔尔。他自称曾把小刀和大号裁纸刀带上飞机，甚至还将一个被称为“啤酒肚”（Beerbelly）的装置混过安检。此装置为一囊状物，可装80盎司液体，通过吸管即可饮用。

戈德堡没把那玩意装满，但肯定超出3盎司的限额，达到21盎司之多。他认为，机场的安检程序或许能揪出恐怖分子当中的笨蛋。但现在的情况是，要抓住他们中的聪明人，最好是把时间、精力和金钱花在情报搜集上；还有就是，让我父亲把胡子刮干净。（翻译　红猪）

注释

1．刘易斯·卡罗尔，真名叫查尔斯·勒特威奇·道奇森（Charles Lutwidge Dodgson），童话《爱丽丝梦游仙境》（*Alice's Adventure in Wonderland*）的作者。

2．1盎司约等于0.028千克。

3．1英尺约等于0.305米。

4．目，原料颗粒尺寸单位，一般以颗粒的最大长度来表示。80目对应的颗粒最大长度约为180微米。



苹果与奶酪

一个作家暂停写作的一周。

2007年10月初，我在威斯康星大学麦迪逊分校（University of Wisconsin-Madison）任驻校科学作家。这可比平时按部就班的写作生

活好多了，因为事实上我根本不需要写任何东西。于是，我得以补充自己枯竭的文学储备（要知道我的大脑已经一片荒芜，就像单身汉的冰箱），让“鼠标手”得到缓解，不去管那些复杂的词汇。我拒绝写任何东西。

在威斯康星，我还参观了大学里的奶制品研究中心，毕竟，这才是威斯康星的象征[1]。我在就职演讲时大口吃着这里的奶酪凝乳（奶酪在制作过程中第一次凝结形成的东西），就像广告里说的那样，如果非常新鲜，咀嚼时它会发出吱吱声，这是由于其中含有柔软而有弹性的蛋白质。不过几个小时后，它不再新鲜，就不会发出声音了。

当然这一周的时间不仅仅是用来吃奶酪和休息。事实上，我的“鼠标手”虽然得到了缓解，喉咙却越来越痛，因为我要不停地说话。我采访了一些科学家，和他们聊起工作中的秘密，也与新闻系学生、新闻工作者、科学家和那些退了休的人分享了我工作中的秘密。退休的人特别喜欢听我讲那些快被我遗忘了的在广播电台的工作经历。那是在上世纪80年代，那时对音频的剪辑不是通过复杂的智能软件来实现，而是用剃须刀片。声音先被录在“磁带”（至少当时是这么称呼的）上，然后用刀片进行裁剪后再粘在一起。对于我的讲述，年轻的学生非常惊讶，于是我接着讲我们会搜集裁剪磁带剩下的边角料，组装成一个单引擎的燃气箱，就是1989年查尔斯·林德伯格（Charles Lindbergh）[2]第一次飞上月球时所用的那个。

再回到奶酪问题上，奶酪总是与苹果联系在一起，这也许就是奶酪研究大厦不远处就有一棵“牛顿苹果树”[3]的原因吧。树上有块牌子写着：“激发牛顿灵感，并使他最终发现万有引力定律的那棵苹果树的嫡系子孙。”于是，牛顿可以阐述地球与月球之间的运动，而不用理会林德伯格所发现的“奶酪”[4]是由哪些原料做成的。

说到月球，我告诉学校里的一些天文学家，《科学美国人》（*Scientific American*）正试图使自己的文章能面向更多的读者，因为甚至连一些很专业的科学家都抱怨非本领域的文章技术性太强、难以读懂。此后，我从一位天文学名誉退休教授那里得知，他确实听到过此类抱怨，而且是出自大名鼎鼎的科学家罗伯特·奥本海默（J. Robert Oppenheimer）[5]之口。

这周另一个有意思的事情，是与一些科学家探讨了关于采访与被采访的话题。我是采访者的代表，他们则想知道如何接受采访。这也许对

每个人来说都很有吸引力，因为我们生活在这样一个时代：任何人都有可能被突然抛到媒体的聚光灯下，一些人费尽心思想登上《时代》（*Time*）封面，另一些人却可能不费吹灰之力。（一夜成名并不一定是好事，如果你只是个普通人，却登上了全国性周刊的封面，那么很有可能死期将至，同时，还会有一场激烈的争论来探讨这究竟是谁的责任。）

这些潜在的被采访者问得最多的一个问题是，如何在现场直播的电台或电视采访中让自己不紧张。我紧张地告诉他们只要牢记自己是客人就可以了。没错，你很了解利用手性催化剂来生成对映体过量的多环产物，以改造生成环状化合物的反应，并认为它非常精彩。但是你不必觉得让整个采访维持一个轻松、愉悦的气氛是你的责任，那是主持人的工作。你只要回答问题，完了就停下，等待主持人将谈话进行下去。就像初次见面约会一样，你要做聪明的那一个。（翻译　姬十三）

注释

1．威斯康星州被称为“奶制品之州”，该州出产的奶酪尤为出名。

2．查尔斯·林德伯格，美国传奇飞行员，曾于1927年成功地一人无间断地穿越大西洋，1974年去世。这里作者故意编了些故事来逗那些青年学生，事实上人类首次登月是1969年，登上月球的第一人是尼尔·阿姆斯特朗（Neil Armstrong）。

3．威斯康星大学麦迪逊分校校内有一棵“牛顿苹果树”。

4．在西方童话及一些科幻小说中，月球被想象成是由奶酪做成的。

5．罗伯特·奥本海默，美国著名物理学家，被称为“原子弹之父”。



月球为什么不是由奶酪组成？

不用奶酪，石头就好。

肖恩·卡罗尔（Sean M. Carroll）说话从不兜圈子。2011年10月17日那天，当他严肃地探讨“月球是由‘绿色奶酪’（green cheese）[1]组成的”这一理论时，他也不是在玩文字游戏。在这里要澄清一下：“严肃”指的是他探讨时的样子，不是这个理论。他是在亚利桑那州的弗拉格斯塔夫举行的2011年科普作家大会上说这番话的。

这位肖恩·卡罗尔是著名的理论物理学家，不要和那位著名的演化生物学家肖恩·卡罗尔（Sean B. Carroll）混为一谈。这一肖恩·卡罗尔的两

重性，或许是这位物理学家卡罗尔常常思索多重宇宙的原因之一。

他是加州理工学院（California Institute of Technology）的高级助理研究员，是《从永恒到这里》（*From Eternity to Here*）的作者，他还为一本你有时能在报摊上发现的《发现》（*Discover*）撰写博文。“你怎么知道，月球不是由奶酪组成的呢？”他对着下面的听众发问，“有人会说：‘嗯，因为我们曾经在月球上登陆，我们捡了几块月球的碎片，还带回来了。’”看来，这么说的人或许认为，直到1969年还有许多人对月球的奶酪本质抱有疑问吧。

“可那只是表面，”卡罗尔的争辩奶酪味十足，“当然了，在的奶酪上方有一层几米厚的月尘。那么你又怎么知道，月球的大部分、它的99%，其实不是由奶酪组成的呢？有人会说：‘好吧，我们知道月球的体积和密度，以此推算。’但你可不要以为自己已经吃透了这块月亮奶酪的属性，那可是一块密度很大的奶酪。”

说到这里，这位物理学家又一次提出了那个“奶酪式”的唬人问题：“你怎么知道，它不是由奶酪组成的呢？”接着他快刀斩乱麻：“因为，‘月球由奶酪组成’是一个荒唐的想法。”[如果你希望用公式来表达，不妨仔细想想这个：一块半径为z、高度为a的圆柱形意大利白干酪，其体积为pizza（pi即π）。]

卡罗尔让自己的推理发散开去：“如果要用正式的语言表达这种荒谬性，那我们在判断一个假说是否可信时，可以参考关于宇宙的其他现有知识。月球之所以不是由奶酪组成，并不是因为我们都去过、并带回了碎片，而是因为奶酪这东西，说到底是来自母牛、母绵羊或者母山羊。”

哦，可如果有头母牛蹦到了月球上呢？坦白地说，依我看，要说一头母牛在没有强大的多级火箭的帮助下就达到逃逸速度，那实在有些牵强。我还觉得，卡罗尔那个关于荒谬逻辑在这里也派得上用场。

“奶酪这东西，”卡罗尔接着说，“不是原始太阳系的一部分。对于太阳系如何运行、行星如何形成的问题，现有的理论已经可以作解释，这就排除了月球由奶酪组成的可能。这就像我们知道人不可能用思维弄弯勺子，并不是因为我们在《今夜秀》（*The Tonight Show*）里抓到有人作假，而是因为这违背了物理定律。同样，月球由奶酪组成的说法，也违背了太阳系的运行原理。”我还要在卡罗尔的基础上补充一点：我主张，无论何种颜色的奶酪，都是不可能是月球的组成成分。

“月球不是由奶酪组成的，”卡罗尔继续唠叨奶酪的问题，“这句话不

能像逻辑推理或数学定理那样给出证明，但科学还是可以根据‘一个陈述和现有理论的融洽程度’来判定这个陈述的真伪。”

尽管我们已经有了一些稳固而强大的理论架构，可有些人还是会坚持一种满身是洞的奶酪认识论，主张只有宇航员带回的样本才是最终的判定标准；甚至会有人认为，只有搞到了月球核心的样本，我们才能对是不是奶酪的问题下结论。这些人的脑瓜才真是变成奶酪了。（翻译红猪）

注释

1．绿色奶酪，实际上是指一种新鲜奶酪，通常是白色且呈圆形。“月球是由‘绿色奶酪’组成的”是指圆形的新鲜奶酪很像满月。人们常会误解这句话的意思，以为它是指月球是绿色的。



生命奇迹

上得台面又挥之不去的种种事物。

来来来，试试奇多[1]味的润唇膏。没错，市面上已经能买到加了淡淡奇多味的润唇膏了。不知怎的，我是最近才从无知的幸福中惊醒，发现原来科学家早在2005年就已经排除万难，创造出了这个小小的奇迹。我又琢磨了一下芝士泡芙味的润唇膏，接着便思潮如泉涌，追忆起那时从未读过普鲁斯特（Proust）的作品。我在想：当普鲁斯特从油腻腻的塑料袋里掐出一卷吱嘎作响的人造奶酪放进嘴里品尝，脏兮兮的碎屑在他的拇指和食指染上一抹令人作呕的人造橘黄时，他的脑海中又会唤起何种神奇的回忆呢？但这个念头没持续多久，因为我又匆忙想起了别的事。那些事，亲爱的读者们，请你们也跟着我一起想想吧。

以下是我刚刚了解到的另外一件事：2007年的一项民意调查显示，平均而言，受访者对美国国家航空航天局（NASA）资金的估计是联邦预算的24%。修理坏掉的太空马桶确实代价不菲，但还没贵到这种地步：实际上近几年NASA每年得到的拨款是180亿美元，还不到联邦预算的1%。根据贝拉克·奥巴马（Barack Obama）总统在2010年2月初宣布

的预算草案，NASA以后每年还能额外获取10亿美元的拨款。不过这笔钱将用于科学研究和机器人任务，而不是将人类送回月球寻找艾伦·谢泼德（Alan B. Shepard）[2]留下的高尔夫球（那里实际上有两颗球：当时第一杆打偏，他史无前例地在月球表面挥出了第二杆）。

再来琢磨琢磨这件事：善待动物组织（PETA）称，牢笼生活使土拨鼠压力太大，因此在土拨鼠日[3]的庆典时就不要再折腾它们了。美国得克萨斯理工大学（Texas Tech University）的气象学家凯瑟琳·海霍（Katherine Hayhoe）在接受博客作者鲁斯蒂·普里查德（Rusty Pritchard）采访时说，人类中的"气象学家也常常承受压力，因为他们的一切，从智力到品格，都三天两头受人攻击"。

有个念头着实让我恼火：有人告诉我说，人类胚胎干细胞是不好的，因为它们都是从流产胚胎或体外受精剩余的胚胎中提取的。利用这些细胞开展可能救命的研究在道德上是错的，因为尽管上述胚胎只有几个或一个细胞，但它毕竟有可能长成人类。在有些人的头脑里，它已经是人类了。从另一个完全孕育成熟的角度来说，所谓的"诱导性多能干细胞"（iPSC）据说就是好的，因为它和胚胎没关系。实际上iPSC原本是种组织特异性成体细胞，经特殊处理后倒退成了多能干细胞，能转化成体内的任何一种细胞。理论上说，它能够被植入友善的子宫，并成长为人类。哎呀，那可是克隆呢，是彻头彻尾的邪恶——但毫无疑问它确实是人。那么我就不明白了：反对在研究中使用胚胎干细胞的人，为什么就不反对iPSC呢？是因为要支持邪恶的克隆事业吗？

顺便说一下，美国不孕不育诊所的冰箱里可都装满了这样的剩余胚胎。有人觉得它们全是人类，应该享有人类的一切权利和优待。那么有这样一个假想实验：一家诊所的冰箱里坐着一个发育成熟的"婴儿型人类成员"（说这么复杂是为了避开谁是人类、何谓婴儿这样的问题），此时诊所起火。那么这时候你该救谁？是救哇哇大哭的婴儿，还是尽可能多救几个冰冻胚胎？（提示：如果置婴儿于不顾，你在这个假想实验中就不会受到消防站邀请，去吃意大利面条了。）

行了，再来看看这个吧：2010年1月，史上首部完全由黑猩猩拍摄的电影在英国上映。此创意来自于一位灵长类动物学专业的博士研究生，他还为爱丁堡动物园的这些黑猩猩提供了摄像机。内部消息称，为此剧出力不出名的威廉·戈德曼（William Goldman）[4]被叫去修改剧本。继首轮拍摄在毛发和化妆上严重超支后，温斯顿影业公司及时出手，填

补了资金黑洞。

最后说一件着实重要的事：加了蔗糖的可乐比加了玉米糖浆的可乐更加美味。因此，那天读到一篇关于“可口可乐公司现在使用甘蔗”的报道，我自然而然地欢欣鼓舞起来——后来却了解到甘蔗不是用来做可乐，而是处理后用来做瓶子的。看到这个，我的眼中顿时涌出了阿斯巴甜（aspartame）[5]的泪水。没错，新工艺会少用许多石油，因此是件好事。但要是能在这些糖瓶子里再加些糖水就好上加好了。毕竟，这可是配奇多的最佳饮品啊。（翻译　红猪）

注释

1．奇多，一个奶酪卷品牌。

2．艾伦·谢泼德，美国宇航员，曾随阿波罗14号登月。

3．土拨鼠日，美国及加拿大节日，时间为每年2月2日，民众根据土拨鼠在这一天的行动确定是否入春。

4．威廉·戈德曼，美国编剧，曾两获奥斯卡奖。

5．阿斯巴甜，也称天冬苯丙二肽酯，一种甜味剂，比甘蔗甜150～200倍。



最胖幻想

计算卡路里，大脑比腰不靠谱。

犹太文学中的许多故事都提到了神秘的愚人村齐尔姆（Chelm）。可以这么描绘村里的居民们：从犹太学校里率先毕业的，一定不会是他们。有一个故事是这样讲的：有一群糊涂的木匠无论如何也闹不明白，为什么一块木板不管锯掉多少都还不够长呢？呜呼！

最近的一项研究显示，在进食这一问题上，许多人都可以当之无愧地成为齐尔姆村的荣誉村民。亚历山大·切尔内夫（Alexander Chernev）就发现，许多人都觉得可以用一种绝妙的方法减少一餐中的卡路里含量，那就是多吃！呜呼！

切尔内夫在美国西北大学凯洛格商学院（Northwestern University's Kellogg School of Management）研究消费者行为。他不是麦当劳店长，却在汉堡上花了大把时间。最近他在《消费者心理学杂志》（*Journal of Consumer Psychology*）上撰文，剖析了健康食品的“光

环效应”。好多人认为，健康食品的“健康性”会延伸到一餐中的其他食物中去。蔬菜和水果，光环很大；天使蛋糕，没有光环。想想看吧。

这种荒唐的推理是把微积分应用到了餐桌上。对这些人而言，一种食物的健康性和它是否“增重”有关。切尔内夫写道：“在许多人看来，健康的食品就是不易增加体重的食品，因而他们错误地认为，在一餐中多加入一种健康食品，就能够抑制体重的增加。”这多少有点“多吃就是少吃”的意思。

研究中，切尔内夫让900多名受试者观看四种不同的食物，并估算其中的卡路里含量。这些食物包括一个汉堡、一个培根芝士夹心华夫饼、一块辣椒牛肉和一块肉丸香肠芝士牛排，它们中没有一样食物能获得美国心脏学会（American Heart Association）的青睐，但每一样听起来都相当诱人。

（突然想起冰箱里还有块剩比萨。去去就回。）

刚才说到哪里了？哦，对了，不健康食品，太不健康了。试验人员还给半数受试者看了几道明显有益健康的配菜，比如三根芹菜什么的。谁会真的想要三根芹菜呢？哦，对了，三根芹菜可以组成一个字母“A”，这样海斯特·白兰（Hester Prynne）[1]就可以在氪星[2]上把它戴在胸前，或者是让海象拿三根芹菜指挥乐队，令观众印象深刻。那什么，吃着吃着就扯远了。

试验中，仅看到主菜的受试者估计食物中平均含有691卡路里的热量。而同时看到主菜和那几根充门面的芹菜或其他健康食品的受试者却估计食物中所含的热量为648卡路里。也就是说，加上一道菜，热量反而少了43卡路里。这样一来，想象力丰富的受试者完全可以在芹菜之外再加块曲奇，这样就能让整顿大餐的卡路里又“恢复”到只有一个汉堡的水平。

美国康奈尔大学（Cornell University）的布赖恩·万辛克（Brian Wansink）是研究进食行为的权威，他在2010年10月的消费者研究协会年会上作了一个报告，分析了这种荒唐的推理。他发现，那些去号称“健康”的餐馆吃饭的人，对自己所吃食物的卡路里含量的估计，只有实际数字的56%。这些人在犯下这个大错之后，还会想当然地认为，既然已经吃了低热量的食物，再多吃点不健康食物也没有关系，比如炸薯条或者曲奇什么的。但这种思维只会让你的屁股越来越圆。

再说回到切尔内夫。他还有个真正邪恶的发现，称为“节食者悖

论”：越是信奉多吃“好”食物能抵消“坏”食物的影响这一理念的人，就越是担心体重增加。平均而言，那些最担心自己体重的人认为，汉堡搭配蔬菜比单吃汉堡少摄入96卡路里热量。不怎么担心动物性脂肪的人也会被光环引发的悖论迷惑，不过他们认为蔬菜只能减少26卡路里热量。

对于那些倡导公共健康的人来说，这条信息可供打包外带：光是鼓吹健康食品，可能让人们摄入的热量不降反升。有道是：一天一苹果，脂肪不会少。（翻译　红猪）

注释

1．海斯特·白兰，小说《红字》（*The Scarlet Letter*）中的人物，因未婚生子而被迫佩戴代表通奸的红色字母“A”。

2．氪星是美国动画片《超人》（*Superman*）中主角的故乡，超人胸前有一个字母“S”的标志。



有啤酒的美好世界

关于麦芽和啤酒花科学的讨论。

2007年2月下旬，为了能喝到免费的啤酒，我参加了一场由纽约科学协会（New York Academy of Sciences）举办的讲座，演讲者为著名的啤酒行家查利·班福思（Charlie Bamforth）。用成熟稳重来形容这个英国男人再合适不过。在他的腰带之下[1]，是30年的酿酒技术；而腰带之上的，则是他所坚称的“香肠肚，而非啤酒肚”。

“啤酒是现代定居文明的基础，”班福思，这位由安海斯–布希公司（Anheuser-Busch）资助的美国加利福尼亚大学戴维斯分校（University of California, Davis）酿造学教授开始了演讲，“在啤酒发明之前，人们总赶着羊群，四处迁移。后来他们意识到这些谷物（大麦）可以播种、发芽、做成面包，也可以酿造口感甚佳并让身体感觉温暖、舒适的液体。于是赶着羊群四处迁移的日子一去不返了。人们安定下来，播种谷物，酿造美酒，并将一顶顶帐篷扩展成村庄，村庄扩展成城镇，城镇又扩展成城市。于是现在我们有了纽约，这都得感谢啤酒。”班福思用三段论法结束了自己的演讲：“喝酒的人睡得香，睡得香的人不会犯罪，不犯罪的人就可以去天堂。这个逻辑无懈可击。”

在演讲中，班福思不断地赞誉这种被他称为“世界上最美味的饮料”的金牌品质，顺便还贬低了另一种广受人们欢迎的酒精饮料。在解释简单的发酵化学方程式，即一个糖分子转变为两个分子的乙醇和两个分子的二氧化碳（还有一部分能量）时，班福思解释说：“如果糖来源于葡萄，你就可以酿造一种被称为葡萄酒的美味饮料。如果糖来自谷物，酿造出的就是更美味的饮料——啤酒。”

班福思谴责了啤酒有时所扮演的冒险形象：“啤酒被认为是坏男孩的饮料，它的营销方式也过于稀奇古怪，比如一些臭名昭著的广告。同时葡萄酒却被视为有档次的标志，象征着高质量的生活。事实并非如此。啤酒的品性更好，在酿造时被倾注了更多的热情与细心，至少是健康的。”我加一句，做啤酒不会用脚[2]。

但是，麦酒[3]如果变质，就会散发出比臭脚更加难闻的异味：只有用彩色瓶装盛，或聘用有才能的化学家，才能使啤酒远离“中暑”。光线可以使啤酒中的某些苦酸（bitter acid）转变成可怕的二硫氰基甲烷（MBT），它与加拿大臭鼬（斑纹臭鼬）释放的恶臭无比的硫醇是近亲。班福思在他的《啤酒：融入艺术与科学的酿造》（*Beer: Tap into the Art and Science of Brewing*，牛津大学出版社，2003）一书中写道，甚至在MBT的浓度低至万亿分之0.4时，有人就可以闻到异味。“这些可

怜的家伙，”他写道，“不知能否闻出散布在齐柏林II型飞艇气囊中最多0.1克的MBT。”这就是人类！

酿酒专家有最中意的啤酒吗？“这取决于我在哪里，”班福思解释道，“如果我在一个破旧的酒馆，站起来可以碰得到天花板，一旁还有熊熊燃烧的柴火，那么我会首选来自英格兰的桶装麦酒，而不是美式的淡啤酒[4]。如果我是在沙加缅度河猫队（Sacramento River Cats）[5]棒球比赛现场，室外有将近38℃，我会为一杯百威啤酒（Budweiser）而疯狂，而不会去喝健力士（Guinness）[6]。什么样的跑道要押什么样的马。”只要这些马没有喝醉就行。

在回应啤酒里只有“空卡路里”[7]，会导致啤酒肚的说法时，班福思指出，实际上啤酒富含B族维生素，不过不含维生素B1。他回忆说：“一位名医曾经问我，‘如果提高啤酒中B1的含量，啤酒是否会彻底成为一种膳食？’我当时回答道，‘连我都不会同意这种观点，你还需要吃一些脆饼干。’”（翻译　姬十三）

注释

1．英文原文是under one's belt，英文惯用语，有“掌握”之意。

2．在酿造葡萄酒时，有时需要用脚来将葡萄踩碎。

3．麦酒，指没有加入啤酒花的啤酒，酒精度比淡啤酒高，味道比较浓。

4．淡啤酒，酒精度比麦酒低。两者间的区别一是所用酵母不同，二是发酵温度不同。

5．沙加缅度河猫队，美国加利福尼亚州著名棒球队，太平洋岸联盟成员3A级球队。

6．健力士，一种用麦芽及啤酒花酿制的爱尔兰黑啤酒，泡沫持久，口感油滑，微苦带甘，余味较长。

7．空卡路里，指食物的热量来源多为较单一的糖类、蛋白质或脂肪，缺少维生素和矿物质，无营养价值。



有画为证

> 让酒会与文化融合是一门艺术。

就像美国国家运输安全委员会（National Transportation Safety

Board）的调查员分析坠机案一样，我正试图找出发生在密尔沃基[1]艺术博物馆（Milwaukee Art Museum）不幸事件的肇因。回想一下，在艺术馆里搞自助酒会，一开始就不是什么好主意。

更成问题的是，该酒会竟被冠名为“马提尼节”——30美元无限畅饮马提尼酒[2]。再有，按《密尔沃基哨兵报》（*Milwaukee Journal Sentinel*）的说法，酒会提供的马提尼酒居然含有伏特加和其他“混合酒”的成分，这样的配方也是莫名其妙的。行家们总自以为能触类旁通，这次可闹了个经典的笑话——密尔沃基人，虽然你们对啤酒很在行，但当准备其他酒的时候去咨询一下专家，这并没什么丢人的。

此外，作为酒会的主办方，清晰频道传媒公司（Clear Channel）固然是广播、广告、音乐会推广等领域的巨头，可筹办艺术馆活动，他们只能算是个门外汉。最终，他们将1,900人塞进了仅能容纳1,400人的会场，且看来自《密尔沃基哨兵报》的简述：“人们吐的吐，晕的晕，口角争执，推搡受伤，有人甚至爬上雕塑。”这是组织不力，还是后现代主义的低俗闹剧？

所幸，饱受摧残的是些坚固的雕塑品。但为了给其他也想策划豪饮活动的艺术馆提点建议，我联系了珍妮弗·马斯（Jennifer Mass），一位在特拉华州温特图尔博物馆花园（Winterthur Museum & Country Estate）工作的资深化学家，一起探讨醉酒狂欢对馆内的艺术品（如油画）可能造成的损害。

来看看威胁最大的三类物质。第一位是乙醇，也就是食用酒精。“油画通常得用三萜树脂作上光处理，”马斯解释道，“而乙醇恰恰是它的强效溶剂。所以艺术馆酒会实在是个坏主意——当一场聚会用了酒精饮料，油画难免被沾上液滴。要是你看到油画的光油层附着了某种霜状的晶体，光油层其实已经在溶解了。”

开胃菜也有隐患，想想那些溅得到处都是的肉类和奶酪。“食品中含有的一些物质，如蛋白质和糖类，油画里也有，”马斯说，“于是清洗就变成了一个严重的问题，因为可以去除食物印渍的溶剂也会损害画作本身。”

酸性物质则成为最严峻的考验。这种情况发生在——说得文雅些——遭遇体液外泄时。“人体内胃酸的pH值本来就低，再掺入消化酶，再掺入酒精，”马斯指出，“这会对艺术品造成极大的破坏。用酶来‘清洁’艺术品！想想看，这是多么具有杀伤力的混合液。”

啊哈，既然无论如何油画都需要清洗，淋上呕吐物是不是也没有关系？“胃里有太多其他未知物质，”马斯推想，“你的呕吐物可能会透过光油层直接伤到画作，所以我觉得这是不行的。”最起码，不要让你的珍贵画作被令人作呕的东西覆盖。

那么在艺术馆举办这种又吃又喝的聚会时，人该离展品多远？“当提供食品饮料时，我们倾向于让人们远离那些放有真品的展室，”马斯说，“多美好的想法呀！此外如果展品太大不好移动，就得用绳子进行隔离。”毕竟，这可比淋到秽物强多了。（翻译　姬十三）

注释

1．密尔沃基，美国威斯康星州东南部港口城市，啤酒制造业相当发达。

2．马提尼酒，一种由杜松子酒或伏特加酒和苦艾酒混合而成的鸡尾酒，一般不用其他酒调制。



致命的娱乐

在科学的推动下，现在或许是小屏幕的黄金时代。

生活在21世纪的一大好处是有了新的电视技术。我小时候那阵，如果童子军集会时间正好和《摩登原始人》（*The Flintstones*）的播放时间冲突，那就看不到《摩登原始人》了。当然，那样的日子早已一去不返。现在就算错过什么电视节目，也可以在日后从容地购买数字多功能光盘（DVD）观看，也可以通过一些视频网站，或者各种违反多项国际著作权法的途径观看。

我就利用了这些新手段，看了两部科学味浓厚的佳作，一部是《双面法医》（*Dexter*），另一部是《绝命毒师》（*Breaking Bad*）。各位读

者如果有不熟悉这两部电视剧的，在看过下面的内容后可能会跃跃欲试；如果有一集不落地看的，那也千万不要发送任何剧透信息给我！

《双面法医》的角色之一是迈阿密市立警察局的首席法医、科学家文森特·马苏卡（Vincent Masuka）。［跟这部电视剧同名的角色德克斯特（Dexter）是个能力相对较低的法医工作者，主要从事血迹鉴定。］马苏卡是位全才，对所有重要的法医学技术了如指掌，却得不到办案警察的尊重。

我现在看到这部电视剧第三季的前几集，剧中的马苏卡一边履行常规的工作职责，一边在《法医学季刊》（*Forensics Quarterly*）上独力撰写论文，推动整个法医学领域的进步。他的论文质量极高，稿子一经投出立即被录用、马上发表。我想不出还有哪个电视剧里的科学家能有这个能耐。

论文发表后，马苏卡复印了几份给警察局的同事看，但他们根本看都不看。他甚至在垃圾桶里发现了一份复印稿，显然是被哪个不识好歹的同事扔在那里的。马苏卡因为这篇论文受邀在一次法医学会议上作主题演讲。他为局里的每个警察和其他共事者都搞到了门票，结果连他的下属德克斯特都不愿意捧场。

说到这里我得插几句了：我去听过许多科学会议中的讲座，有一场还是由当时在任的美国总统主讲，而这些讲座没有一场是需要门票的。马苏卡不仅送门票给同事，还随票附赠甜甜圈一个，但大家依然不为所动（尽管美国警察与甜甜圈的关系那么紧密）。他的论文和主题演讲终将被人遗忘。

马苏卡遭遇的怠慢在剧本本身也有所体现，因为他实际出场的时间比德克斯特少得多；而后者在法医之外（剧透，请注意）还是个变态连环杀手！就这样，主创人员把以马苏卡为代表的科学家巧妙地塑造成了一位现代愚公，他不知疲倦地辛勤劳作，为的是在一个充斥暴力和混沌的世界中推动文明进步。真是好样的！

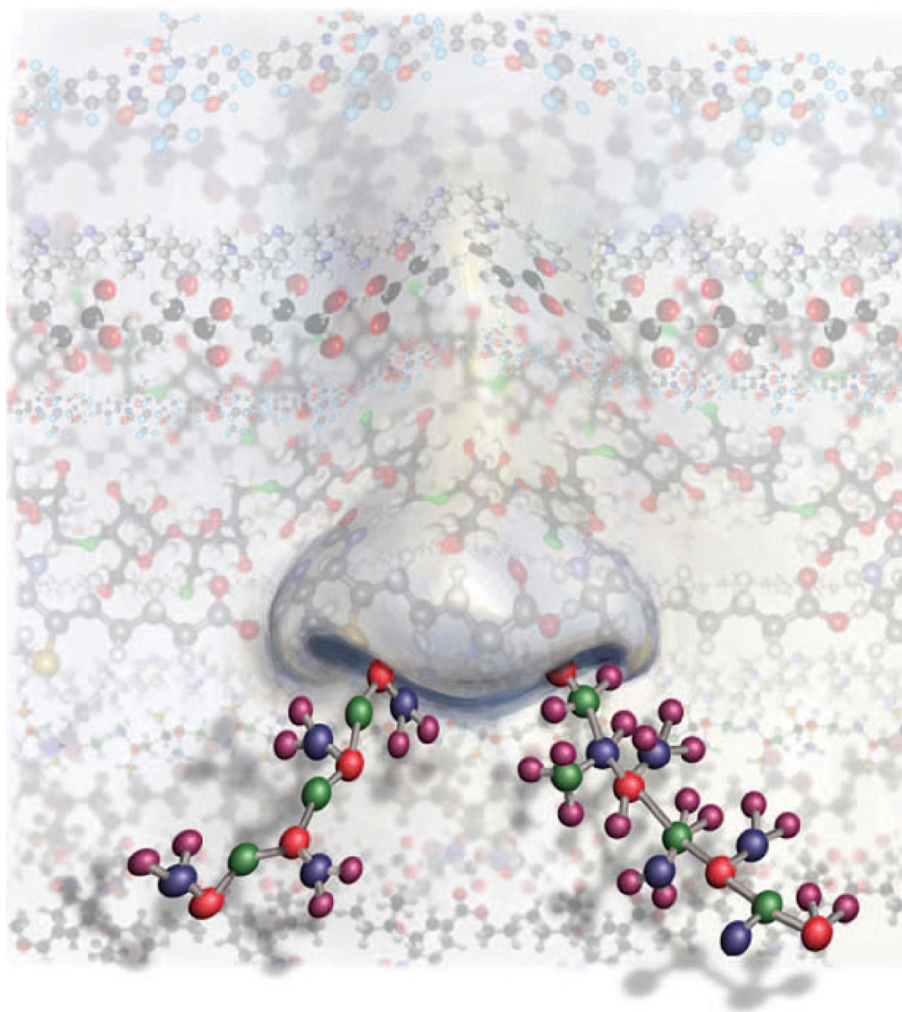
《绝命毒师》讲的是中学化学老师沃尔特·怀特（Walter White）的冒险故事。我虽然才看了三集，但是已经看出它要教导大家慎用化学品的意图。

剧中，怀特吩咐一位莽撞的同事去购置一个特殊材质的塑料桶，只有这种桶才能安全地盛放氢氟酸。可是这位小弟无视他的指导，把两大罐氢氟酸直接倒进了浴缸。（浴缸里躺着怀特杀掉的毒贩子，他和小弟

正准备把尸体溶解掉。不过先不去管这个。）强酸溶解掉了大部分的尸体，也溶解掉了浴缸本身以及地板。当溶解剩下的东西坠落到楼下那一层时，剩余的酸便又开始腐蚀那一层的地板。我倒是想看看像文森特·马苏卡这样的法医学大师会怎么破解这个现场！

事实上，氢氟酸是一种腐蚀性极强、危险性极大的物质。回想大学时上化学课，我们这些学生可以随意使用盐酸甚至硫酸，但对于氢氟酸却是连容器都不让我们碰的。实在需要的时候，才由实验室的指导老师穿上特殊的防护服，在通风橱里倒出宝贵的几毫升给我们。

《绝命毒师》就这样将我带回了幸福的大学时光，让我重拾了实践出真知的快乐。我已经迫不及待地要看下一集了！感谢现代电视技术，免去我等待之苦。（翻译　红猪）



啊　硫醇　我的硫醇

有些气味属于外面，却不会永远呆在外面。

2011年2月25日，星期五，这是一个臭不可当的倒霉日子，至少对我家而言。

刚刚开始下雨时，一切都显得相当美好。我躲在舒适的家中，身上又暖又干燥。然而，温馨的气氛转瞬即逝，我先是听到几声“咕噜咕噜”，接着就闻到一阵微弱的臭味。本该从厕所里出去的东西又进到厕所里来了，那是未经处理的污水，它违背自然，倒行逆施，一路杀回了我

的屋子！

气味越来越浓。人类的排泄物中含有一些神奇而芬芳的有机化合物，粪臭素（skatole，即3－甲基吲哚）就是其中之一。（拜托！）

粪臭素对大便那“呸呸呸”的臭味负有重大责任。但是请记住那条公理：是药三分毒。根据维基百科，低浓度的粪臭素“散发着花一般的香气，在几种花朵和精油中都能找到”。具体的例子有香橙花和茉莉花。这种物质甚至在香水的制造中也得到了应用——当然也是极少量的。下次在耳朵后面洒香水时请记住这个事实。维基百科上还提了一点：烟草商在烟丝中加入粪臭素以作为调味料（“当当当当”！），戒烟又多了个理由。除了粪臭素之外，排泄物中还含有多种臭气扑鼻的含硫化合物，这些含硫化合物统称为硫醇，它们可不是你的朋友。

当家中的下水道发生倒灌，最好的做法就是什么都不做，赶紧把管道工找来才是正事。火速赶到的管道工去掉防臭瓣、打开管道，这个措施将倒灌的流质排泄物导入了地下二层。（虽然也很糟糕，但比原来已经有了明显改善。）接着，他将摄像头伸进管道以确定故障性质，这就和结肠镜检查差不多。

原来是连接我屋子和市政下水管的黏土管道发生了断裂，平日里略微下斜的管线现在略微上斜了（用管道工程的术语来说，是管道发生了松弛）。正常情况下，重力会站在我这一边，将排泄物轻轻抽走。但是管道变形后，重力就成了一个凶残的对手，把冲下去的东西全都送回了屋子；再加上天降大雨，就“咕噜咕噜”了。

傍晚时，我已经雇了个包工头把大街挖开，将破裂的黏土管换成了铸铁管。这是个昂贵的工程，我希望能在铸铁管中一半的碳14衰变完之前把款子付清（别算了，碳14的半衰期是5,730年）。

就在这一团糟的时候，隔壁邻居跑来问我，他房子前面那堆黑乎乎的东西是怎么回事。我一下子紧张起来，告诉他在两家邻接的门廊会面。过去一看，我松了口气：他家的门廊上只是洒了几点烟灰。我沿着墙面朝上望，发现烟灰是从我们两家炉子排气管共用的烟囱里冒出来的。“我们该怎么办？”他问我。我说我什么都干不了，因为我家炉子烧的是燃气（气体本身无味，但为了在漏气时及时发现而添加了粪臭素），不可能产生颗粒；倒是他需要去检查一下他家那个烧油的炉子，看看有没有燃烧不充分的现象。

避开这场危机后，我又专心找起了那只耗子，就是被我家猫咪抓

住，然后哥俩玩起打乒乓球的那只（耗子扮演的不是猫的对手，而是球）。吓坏了的耗子也为弥漫的粪臭素献出了自己的那一小部分。

傍晚时分，局势得到部分控制，我也得以出门，去一家本地餐馆吃饭。正当我驾车行驶在一条没有灯光的林间公路上时，一个毛茸茸、白花花、一动不动的物体出现在车灯前面。我躲闪不及，撞上了它。还没等“什么东西”这几个字说完，我就明白了问题的答案。因为一阵清新刺鼻的粪臭素对我的嗅觉发起了猛攻，唯一的安慰是，那只可怜的臭鼬在被我撞上之前就死了。希望车上的气味能在我付清管道维修费之前散去。（翻译　红猪）



厕纸的进化史

分析旧日风气，管窥古人生活。

我上一次参观波士顿的美术博物馆是在2004年，去看伦勃朗（Rembrandt）[1]的画展。回想起来，当时如果知道有一只古希腊酒杯就藏在馆内，我说不定会从这位荷兰巨匠的作品前走开。根据2012年圣诞节的那期《英国医学杂志》（*British Medical Journal*），那只酒杯有2,500年的历史，现在看来，创造它的那位无名工匠为塑造西方文化立下了很大功劳，因为酒杯上的装饰，是一个男人在擦屁股。

《英国医学杂志》上的这篇文章题为《古典时代的厕所卫生》（*Toilet Hygiene in the Classical Era*），作者是法国人类学家、法医学家菲利普·夏里耶（Philippe Charlier）和他的同事。文章研究了古时候的清洁技术以及随之而来的医学问题。《英国医学杂志》的12月下半月刊在题材上向来不拘一格，这篇厕所文章也正符合这个传统。

这篇考证如厕卫生的文章提醒我们：在某时某地视为惯常的做法，在另外的时间、地点就未必有人知道。西方的文献中首次提到厕纸已是16世纪，在讽刺作家弗朗索瓦·拉伯雷（François Rabelais）[2]看来，这种纸片不太能发挥应有的功效。当然了，纸张随手可得是近代才有的事，当年还是珍品。《古典时代的厕所卫生》的几位作者于是写道："清洁肛门可以用各种方法，根据当地风俗和气候不同，有用水（坐浴盆）、树叶、草叶、石块、玉米穗、动物皮毛、树枝、雪块、贝壳等等，用手的也有。"当然啦，审美观要求我们在万不得已时才会出动双手，但是仔细想想，贝壳才是垫底的选择。擦屁股的东西本来务求"松软可捏"，但蛏子壳之类的东西实在和这个标准相去甚远。

夏里耶等人诉诸权威，搬出古罗马哲学家塞内卡（Seneca）的著作告诉我们："在古希腊罗马时代，人们在排便后使用一块固定在树枝上的海绵来清洁臀部，清洁完毕再把海绵浸泡在一个盛满盐水或者醋水的桶里。"有没有想到你的节水马桶？几位作者还提到，古人用一种圆形的陶片来清洁臀部："这种陶片被称为pessoi（意为'卵石'，也可指古代的一种棋类游戏）。"（美术博物馆里那只酒杯上的男人就是在用这种陶片善后。）

论文里还写到，古希腊有一句格言劝人节俭，提到了pessoi的用法和目的："三块石头就够擦了。"它的现代版本大概就是"厕纸不会长在树上"。这话故意说得自相矛盾——纸都是木浆做的。

这些pessoi可能有部分来源于ostraca。后者是古希腊人刻有敌人姓名的碎陶片，功能是用来表决，看要不要把某个傻瓜赶到城外去

——“ostracized”（流放）一词就是这么来的。夏里耶等人提出，古希腊人把ostraca用作pessoi是一大创举，因为那样“就可以名副其实地往痛恨的人的名头上泼粪了”。目前刻着苏格拉底（Socrates）名字的ostraca也被发现了，这不奇怪：他们不是投票决定给苏格拉底灌毒芹，又把解药给扔了么？（严格地说是苏格拉底自己给自己灌了毒芹，然而谁又该承担最终的责任？这个问题大可以进行几个小时的苏格拉底式辩论。）

将一种硬物的碎片放到人体的柔弱处，无论那东西打磨得如何光滑，在医学上都是有一定风险的。几位作者写道：“陶片的粗糙程度决定了长期使用pessoi可能导致局部炎症，皮肤或黏膜损坏，或者外痔并发症。”

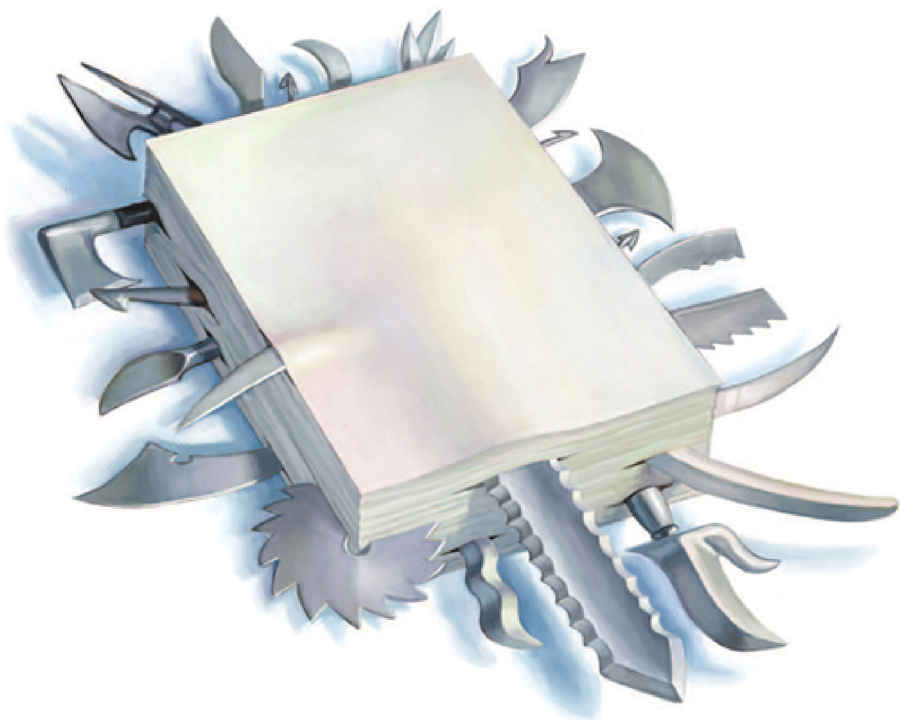
引用一段莎士比亚（Shakespeare）的话：“我们的结局早有神明造就。[3]”说来可悲，神明只把我们的臀部造就，清洁工作却要我们自己辛苦图谋。（翻译　红猪）

注释

1．伦勃朗（1609～1669）荷兰画家。

2．弗朗索瓦·拉伯雷，法国作家，著有《巨人传》（*Giant*）。

3．这句话出自《哈姆雷特》（*Hamlet*）。全句是：“我们的结局早有神明造就，无论我们如何辛苦图谋。”



最残忍的一割

伺机出动的记事本、打印纸和日常邮件。

它无疑是最痛苦的伤。光是想到它，就足以令强者颤抖、弱者昏厥。它防不胜防，一张散页纸就能酿成悲剧。它，就是纸划伤。

说到这里，我的思绪就不由飘到了记忆中最血腥的一道伤口上，那是一位友人向我展示的指尖重创。多数我所见过或遭受过的纸划伤都是不到一厘米的直线，可那位朋友的伤口却至少有普通伤口的两倍长，中间还带锯齿，仿佛是某位手持小刀的无形刺客临时决定把刀锋扭上几扭。我在恐惧之余，不禁想到，现代医学对这类割伤会有何见解呢？

结果发现，意外地少。医学期刊里提到纸划伤，几乎都在探讨感染的可能，尤其是由吓死人的耐甲氧西林金黄色葡萄球菌（MRSA）造成的感染。还有几篇文章宣称，血友病患者在被纸划伤后不会流血而死，一举破除了在那群入行没几年的业余血液学家之间广泛传播的民间说法。

根据美国“聪明极客”网站（wiseGEEK）的说法，质量越好的纸越容易造成划伤，够讽刺的。该网站指出：“切得很薄的光滑纸张在制造划伤方面无可匹敌。”假设有一令捆得结结实实的纸，其中只要有一张稍稍突出，就是一件非同小可的武器，在你伸手去拿时让你见血。该网站解释道：“其他纸张对突出的那张起到了固定作用，给了它足够硬度，使它变得如同剃刀般锋利。”这就是为什么办公室的打印机前会留下一行血迹，并一直延伸到那位好心往进纸盘里添纸的苦命人的办公桌边。

纸划伤真的会使人痛感倍增，因为最容易受伤的指尖也是人体的一个特殊部位。为了满足不断探索环境的需求，指尖上布满了神经末梢（包括产生痛感的疼痛感受器）。如果以身体各部位对应的皮质大小重建你的人体模型，你会看见一个变形人：头大，身体小，手大，脚小。这个变形的人体就是“大脑皮层人象”（cortical homunculus），它表明了来自身体各部分的信号在大脑皮层中的对应面积，某个部位越大说明这部分的感觉神经越多。只要看它一眼，就能领悟指尖为何如此敏感了。我本人没法单手抓篮球，但我的这个变形人却能轻松地一手抓握沙滩大气球。也就是说，指尖上很小一块区域就集合了比别处多得多的疼痛感受器，而这些感受器中没有哪个知道一本度假手册和一把武士刀的区别。

每次去邮局寄信，我的心中都会涌起一种生怕被纸划伤的恐惧。电影《与鲨同游》（*Swimming with Sharks*）里凯文·史贝西（Kevin Spacey）扮演了一个反人类的电影制作人。他的助理受够了他的淫威，忍无可忍之下奋起反抗，把他五花大绑，接着用办公室的信封边缘将他毁了容。这一幕在我的心底激起了无限恐惧，从那以后，我再也不像从前那样横着舔舐信封口了（我怕舌头开花），转而采用手指竖着轻抚。

这个决定的依据是“大脑皮层人象”的那条大得离谱的舌头。那条舌头还证明，《我为喜剧狂》（*30 Rock*）里那位虚构的娱乐业大亨、亚历克·鲍德温（Alec Baldwin）扮演的台柱子杰克·多那其（Jack Donaghy），在学习“如何在钱堆里翻云覆雨而不被划伤”时，大概是在浪费时间。因为腿和躯干加在一起，还不如舌头和手指占据的脑区大。

再说，一百美元纸币是软的，而软的纸都是安全的。聪明极客网指出：“报纸或许是最不容易造成割伤的一种纸。”对于这个理论，我可以现身说法地提供一则证据：我刚进入新闻界工作的那阵［做报童，每天派送几千份《纽约邮报》（*New York Post*）］，没有一次被报纸划伤

过。但话又说回来，《纽约邮报》的锋芒，早就随着威廉·柯伦·布赖恩特（William Cullen Bryant）离开编辑队伍而一去不返了。

编辑手记：米尔斯基先生在开启读者来信时被严重划伤，事发时距本篇专栏文章交稿五小时。（翻译　红猪）



怎样让指纹消失

> 没有指纹，走投无路。

犯罪是没好果子吃的——不过有时候也未必。要保证犯了罪还有好果子吃，最好的办法就是不被抓住，而不被抓住的一个好法子，就是不留下证据。《双面法医》（*Dexter*）[1]塑造的那个连环杀手德克斯特（Dexter）在犯案时就老是戴着一副手套，使得现场无迹可寻，警探无计可施。不过多亏了一项研究，德克斯特或许可以不用再戴手套了：他

只要在洋葱上练练刀工，就可以让指纹难以辨认。

我不是说这种气味刺鼻的球茎能够散发烈性气体并溶解指纹，使许多大盗得以坐享赃物，不用坐牢。不，使罪犯逍遥法外的原因比这个平凡得多。该项研究发表在2012年12月《美国医学会杂志·皮肤病学》（*Journal of the American Medical Association, JAMA Dermatology*）网络版上，研究发现，任何手部感染了接触性皮炎的人，指纹都有可能就此无法辨识。而感染接触性皮炎的好办法就是切洋葱，要切到脸色发青、手指发红为止。

研究招募了100名双手娇嫩白皙的自愿受试者［可参照美国情景喜剧《宋飞传》（*Seinfeld*）里的人物乔治·科斯坦萨（George Costanza）的手被熨斗不幸烫伤之前的样子］，外加100名拇指感染了皮炎的受试者。在这皮肤有恙的100人中，有27人的手指在扫描器上扫不出指纹，而对照组里扫不出的只有2人。如果说法庭断案的时候一定要求指纹证据，那想必就会有约四分之一患有手部皮炎的被告会在被宣判无罪之后，朝着法庭记者挥舞自己干裂的手掌了。

除了切洋葱，还有许多法子可以把你手指上的纹路变成水疱。其中的一个有效措施是经常洗手，医生就一直在这么做，但有抑郁症的人这么做就得看医生。此外，接触毒葛、橡木或漆树也能达到同样的效果。还有人碰了乳胶，手指就起反应——这说来的确有点讽刺：戴着橡胶手套掩饰指纹会导致皮肤反应、淡化指纹。

当然了，这项研究的目的不是要助罪犯一臂之力，帮他们摆脱法律的制裁，它的真正目的是确认日渐普及的生物识别技术会给多少人带来麻烦。假如你在进入工作场所之前必须通过拇指扫描仪的辨认，那么一旦患了皮肤病你就可能被单位晾在门外；如果是冬天，这么一晾又会使你手指皴裂，指纹更加难以读取。

不过，那些真正上进的罪犯在阅读《美国医学会杂志·皮肤病学》之后，倒可能觉得让指纹变得模糊不清是个值得一试的办法。但是，这一人群十有八九不会包括一名据说来自美国佛罗里达的毒贩：此君不久前暴得大名、在蠢货年鉴里占了一席之地。

事实上，他此前已经在贩毒界闯出了名声。据《戴托纳海滩日报》（*Daytona Beach News-Journal*）的报道，这位19岁的马修·多拉希德（Matthew Dollarhide）在和人讨论一桩毒品交易时，不慎用屁股拨通了911报警电话，使警方调度员得以监听并记录下了他的通话。

如果你不明就里，就去看看诲人不倦的“城市字典网”（Urban Dictionary）对于“屁股拨号”（butt　dial）的定义：屁股拨号就是“无意间拨通裤袋里的手机”，具体做法可以是正巧或不巧坐在手机上，也可以是碰到重拨键，从而使对话被“广播”出去。当前这个词语在城市字典网上的例句是：“他用屁股拨通了公寓的电话，我们跟着收听了他在相亲时的所有私密情节。”不过新例句肯定要换成多拉海德先生的了。

警方一边追查电话来源，一边心痒痒地监听着如下线索：这位用屁股拨号的先生自称开着一辆拖车，并且频频提到“哈利”两字。根据后来的新闻报道，“这使得警方轻易找到了一辆在车身上刷着‘哈利拖运’的白色拖车”。警方在截停拖车的时候，大概不会说不出恰当的理由，而法官在断案的时候大概也不需要指纹证据了吧。（翻译　红猪）

注释

1．《双面法医》，美国电视剧，主角德克斯特白天是法医，晚上化身为杀手追杀罪犯。



控告动物伤害罪

那些一枪打上头条的动物们。

新闻报道里有一些所谓的“狗咬人”的新闻，也就是那些平淡无奇、意料之中、称不上好新闻的新闻［除非那狗是《生化危机》（*Resident Evil*）里的恶犬、那人是国家地理频道“狗语者”节目主持西泽·米兰（Cesar Millan）］。要在科学报道里举一个“狗咬人”事件的例子，那就是爱因斯坦（Einstein）和相对论的又一次证明。

还有就是引人注目的“人咬狗”的新闻，那可不是经常能见到的（除非那人是世界吃热狗大赛冠军小林尊（Takeru Kobayashi）、那狗是美国快餐连锁店美食胜餐厅的芥末酸白菜热狗）。要在科学报道里举一个“人咬狗”的例子，那就是前阵子喊得很响的那个“超光速中微子”的主张了。不过依我看，这个特例还是应该被称作“人宣布咬狗，但物理学家

仍想好好研究那条狗”的新闻。

除了以上两种，我们还偶尔会听到“狗射人”的新闻，也就是狗用枪朝人射击。

2011年11月27日发生了一起“狗射人”事件，起因是美国犹他州的一个猎鸭人将一柄12号猎枪随随便便地扔在了自己的船里。事发前，被害人下船去摆弄诱饵。据说就在这个当口，他的狗狗一脚踏中扳机，使猎枪射出了一大坨纷飞的霰弹，其中27颗小子弹命中猎人的臀部，使他的身心双双受到打击。

初步调查显示，那条狗和在场的鸭子都未受伤。如果当时猎枪的保险是关着的，那么那条狗就必须打开保险方能射击，它的罪行也从过失伤人升级为故意伤人——如果有人要起诉这个猎人曾经最好的朋友的话。

当然了，以今天的眼光看，指控动物犯罪是在发神经；可要是案子发生在中世纪，那么狗狗是否蓄意开枪就是一件大事了。2003年，佛罗里达州立大学（Florida State University）的法学博士生珍·吉尔根（Jen Girgen）就这个问题发表了专题论文，题为《对动物起诉与惩罚的历史及现状》（*The Historical and Contemporary Prosecution and Punishment of Animals*）。论文中指出，在中世纪，“若动物对人类造成身体伤害或致人死亡，该动物就要由世俗法庭的法官施行审判、惩罚”。1567年，一位法国的地方法官以杀人罪判处一头猪绞刑。怎么知道是那头猪干的呢？原来是有人告了密。

“狗射人”的事情或许少见，但是即将变成鹿肉的鹿却常常能对猎人还击，只要在互联网上搜索“鹿射猎人”（deer shoots hunter）就知道了。死掉的动物反射性地踢中扳机，这似乎已成为身后复仇的常见手法，算不上痛快，但总归聊胜于无吧。

尽管我们这些手上沾着油墨的捣蛋鬼都不由自主地被“动物射人”的新闻吸引，但是我本人却很早就明白了，动物是需要提防的。这一课是在1992年学到的，那一年，我在收音机里听到了密苏里州的一名男子被火鸡射中的新闻。在由一家新闻社发掘之后，这则轶事被各家电台和报纸报道了数百次之多。据说，被害的猎人在事发当天射中了一只野生火鸡，然后把这只大鸟和他的猎枪一并扔进了车子的行李箱里。后来猎人的儿子打开行李箱，火鸡受惊，手足无措，无意间抓到了猎枪扳机，接着一声轰鸣，受害者（唔，应该算是第二受害者）大腿中弹。

在美国密苏里州环保部门着手调查这则重要新闻的时候，我给他们打了个电话。一位执法官员告诉我，这则“火鸡射人”的故事“直到我们向相关人员采集证言时才浮出水面，后来它简直成了个笑话”。他还对我强烈暗示，说调查人员怀疑猎人的儿子在事故中负有责任。如果这是真的，那么这一家的感恩节大餐可就吃得辛苦了，因为火鸡得料理，受伤的真正原因也得掩饰。

所幸的是，火鸡猎人已经痊愈，野鸭猎人也会痊愈，狗狗还会亦步亦趋。也就是说，他们的持枪许可费可以继续用来支持狩猎管理和栖息地保护了。我倒是建议诸位，要打猎就得找一位值得信赖的人类伙伴，这样，他在看见你的爱犬朝猎枪跑去时，就可以大喝一声：“压（鸭）低！（Duck!）[1]”（翻译　红猪）

注释

1．此处作者使用了duck一词的两个意思：作为名词的意思“鸭子”和作为动词的意思“（为避免被看见或被打中）迅速低下（尤指头）”。



飞鸟投弹

你可不想走到这些长了羽毛的飞行员底下。

看看一只鸽子是怎样在交通中躲避车辆和行人的吧。那只鸟似乎体现出了不可思议的潜力——它既能飞，也能走。当然喽，二战期间，鸽子在前线和指挥所之间传递战报，可没少飞呢。然而鸽子的潜能从未被人们完全认识。因为人们没有给这种鸟儿展示空中才艺的机会——让它们成为飞行员。

考特尼·汉弗莱斯（Courtney Humphries）写了本书，叫《超级飞鸽：鸽子如何占领曼哈顿……以及全世界》（*Superdove: How the Pigeon Took Manhattan...And the World*），书中讲述了鸽子飞行员和其他鸽子的故事。作者解释说，把鸽子当作飞行员的想法源于年轻时的斯金纳（B. F. Skinner）。1940年，斯金纳目睹了一群鸽子的高难度动作，随后便有了这个念头。［想必他不是在看同年由沃尔特·皮金（Walter Pidgeon）执导的电影《飞行指挥》（*Flight Command*）时想到这件事的。］

当时的斯金纳已经向人们展示过一套简单的反馈装置：他赏给老鼠一点粗粮便能让其做出越来越复杂的动作。而鸽子原本就具备高超的飞行技术，斯金纳于是异想天开，大胆提议干脆将它们放进驾驶舱。唔，不是让鸟儿们去驾驶飞机啦，除非航空公司愿意免收行李费，不然谁会登上由鸽子飞行员驾驶的飞机啊？这些鸽子是要去驾驶导弹。

第一步当然是在鸽子身上“套上无趾袜，以束缚翅膀和脚的行动”，汉弗莱斯这样解释道。于是鸽子只得以鸟喙追啄目标——比如船只、建筑或特定的街角。一旦啄中，就赏以谷粒。鸽子头颈的运动由一台简陋的装置来记录，并通过电动马达转变为驾驶动作。“鸽子计划”曾上呈美国国防研究委员会（National Defense Research Committee），以期获得更多资助。委员会显然觉得对斯金纳也该加以束缚，于是拒绝了这个提案。

珍珠港事件之后，斯金纳再接再厉，致力于把寻常的鸽子变成WMD，也就是“插翅杀人鸽”（winged murdering doves）。他从GM那里得到了一张5,000美元的支票——这里的GM指的是谷物公司“通用磨

坊”（General Mills），而非同时代的美国少将约翰·米尔斯（John S. Mills，他的名字简称JM，而米尔斯又恰好是飞行员和轰炸中队队员）。研究虽然由谷物公司赞助，关键却是让鸟儿们保持饥饿，其中颇具反讽意味。汉弗莱斯写道：“斯金纳发现，如果不让鸟儿吃饱，它们就会为了获得更多食物而不知疲倦地工作。”她说，鸟儿们的表现格外优异，斯金纳的团队不得不把更多时间花在将鸟类动作翻译为航向修正量（course correction）的机械系统上，飞行员的可靠性则无须多加操心。

鸽子飞行员的概念一经验证，斯金纳就从联邦政府官员那里搞到了25,000美元，来研发他所谓的“有机制导装置”。他在驾驶舱中放了三只鸽子，凡是啄错目标的鸽子都得挨饿，直到它们明白自己错在哪里。

与此同时，军队正试图完善一种名为“鹈鹕”（Pelican）的滑翔弹（gliding missile），试验场地位于美国的“花园州”新泽西。于是，斯金纳的鸟儿们就在导弹的研发基地学起了制导（home in on target，依靠导航系统自动飞向目标）。没错，那会儿的斯金纳正训练鸽子驾驭“鹈鹕”，用假炸弹空袭新泽西。

斯金纳最终向政府委员会证明，鸽子的确能成为残忍执拗的杀人机器。但委员会始终觉得鸽子不过是鸽子而已。汉弗莱斯引用斯金纳的原话说：“无论活生生的鸽子执行任务的景象有多么美丽，委员会的成员都觉得我们的提案纯粹是异想天开。会场气氛称不上无拘无束，因为与会者的快乐情绪受到了限制，但大家确实感到快乐。”

据斯金纳说，留给他的，是“整整一阁楼古怪无用的装置，和几十只对新泽西沿海岸线的轮廓怀有奇异兴趣的鸽子”。飞鸟纵横的岁月就此结束。嗯，你知道我在说什么。（翻译　红猪）



八哥[1]洗冤录

当年雀跃来此地，今日处处八哥啼。

叽叽，喳喳，咕咕，啾啾。反反复复，没完没了。

这正是八哥的“歌声”——如果这也叫歌声的话。眼下就有两只土褐色、胖乎乎的八哥与我比邻而居：这对小家伙在我屋前的枫树洞里安了

家。它们整天从洞口飞进飞出，叽叽喳喳。黄色的小喙不断地掏挖树木的五脏六腑，把碎屑丢到树下的人行道上。要是这些鸟儿能在下雪天把木屑撒到路上，让行人走得更稳当，我倒是要好好谢谢它们。但现在已是春天。鸟儿们越挖越深，只是为了自己。

就像数百万年前小行星突然撞向地球，很久以前的一天八哥侵入了我家领地。大约10年前，一棵枫树的树冠害了病，并最终被“截了肢”，枯死的树的顶端便成了鸟儿们挖洞、筑巢的好去处。那棵枫树就种在布朗克斯区，离我家的前门仅6米远。喳喳，喳喳。

话还得从头说起。16世纪90年代后期，莎士比亚（Shakespeare）在《亨利四世》（*Henry IV*）上篇中描写了八哥的模仿能力。国王亨利（Henry）不肯把霍茨普尔（Hotspur）的妻舅，被俘的莫蒂默（Mortimer）赎回，霍茨普尔就盘算着要养一只八哥，让它在国王亨利面前整日重复叫莫蒂默的名字，好把国王气疯。“哼，我要养一只八哥，让它只会说‘莫蒂默’三个字。”霍茨普尔不禁哀鸣道。（在戏剧和生活中，往往都是危难之际见“姻亲之情”。）咕咕，咕咕。

19世纪末，一个名叫“美国驯化协会”（American Acclimatization Society）的组织搞了个“前环境影响评介项目”，想把莎翁剧本中提到的每一种鸟都引入美国。显然，我们的大诗人对鸟宠爱有加——作品中一共提到了600多种鸟。八哥能来这里，还多亏了布朗克斯的一位制药商，尤金·席费林（Eugene Schieffelin，离我家不远的一条街道就是以他的名字命名的）。如今，他喂养的八哥可算是在这里安居了。啾啾，啾啾。（除了八哥，该协会还带来了麻雀，这不，我的邻居——我指的是人类邻居——他家的通风孔上就住了一对。）

1890年和1891年，该驯化协会在纽约的中央公园放飞了几百只八哥。到1950年，北起哈得孙湾，南到墨西哥境内，八哥的身影已经随处可见。如今，北美洲的八哥数量已经超过两亿只。2007年，鸟类观察家杰弗里·罗桑（Jeffrey Rosen）在《纽约时报》（*The New York Times*）的一篇文章中写道：“它们对待一块新大陆的方法和人类如出一辙，这并不是它们的错。”喳喳，喳喳。

八哥为何不讨人喜欢呢？首先，它们长相平平：身体又短又粗，羽毛黑底白斑，就像一块放了几天的巧克力。还有它们讨厌的叫声，那也能叫“歌声”吗？八哥另一个遭人厌的原因，是它们与当地的鸟类争抢洞穴筑巢。有一种说法，纽约和密苏里两州的州鸟——美丽的蓝知更鸟数

量减少，都是八哥造的孽。不过我对这种说法有个疑问，密苏里州的州鸟不是北美红雀吗？

但是，八哥或许没有那么糟。当阳光以适当的角度照射在它们的羽毛上，泛起彩色的光晕，那样子还真是迷人。它们的颌也很神奇。没错，就是颌。世界上大多数八哥的颌都是紧紧地闭着，但我们引入的八哥却迥然不同——它们的肌肉组织能让喙有力地张开。《鸟类观察者手册》（*The Birder's Handbook*）如是写道："闭合的鸟喙先插入厚厚的草坪或其他遮蔽物中，然后猛地张开，隐藏的猎物便无处可藏。"这恰好展示了它们颌间强健的肌肉。啾啾，啾啾。

至于蓝知更鸟失踪事件，八哥似乎很无辜。美国康奈尔大学鸟类学实验室（The Cornell Laboratory of Ornithology）的鸟类爱好者在网站上声称："2003年的一项研究显示，八哥对于27种美国本土物种的实际影响微乎其微。除吸汁啄木鸟以外，其余物种都没有因为八哥的'入侵'而减少。"这样看来，鸣禽数量的减少，错或许不在八哥，而在我们自己。莎翁真是有先见之明。喳喳，喳喳。（翻译　红猪）

注释

1．本文中的八哥指被引入美国的欧洲八哥（European starling），学名*Sturnus vulgaris*，也称紫翅椋鸟、欧洲椋鸟。



力挺鸟类

为城市中奇妙的鸟类叫好。

纽约有好多鸟，说得更形象点，就在位于布朗克斯的我的住所的后院，我曾在1小时内数到过20种鸟，其中除了常见的哀鸠和麻雀，还有颇为罕见的棕胁唧鹀（rufous-sided towhees）和美洲红尾鸲（American redstarts）。在纽约见到的无疑还是一种“人类主宰的景观”，所以，2006年4月下旬，在美国自然历史博物馆（American

Museum of Natural History）召开这个“在人类主宰的景观中保护鸟类”的会议是个不错的安排。我之所以要去参加，是因为我曾在阿尔弗雷德·希区柯克（Alfred Hitchcock）的电影《群鸟》（*The Birds*）中支持过乌鸦。（我还拥护过《星河战队》（*Starship Troopers*）中的巨型虫。不过在《黑客帝国》（*The Matrix*）系列电影中，我倒是反过来力挺人类。当然，我指的是第一部。）

英国剑桥大学（University of Cambridge）的安德鲁·巴姆福德（Andrew Balmford）是会议的发言者之一，他曾入选2003年的“科学美国人年度50强”，这项荣誉旨在表彰那些“曾在科学、工程、商业和公共政策等领域对技术进步作出贡献”的先行者。巴姆福德因对栖息地保育经济学的研究而获此殊荣。闲扯中，我俩谈到了宿醉，还有口袋妖怪[1]。

巴姆福德和我探讨了鸟类在以人为主宰的环境中繁衍生息的一些招数。以斑尾林鸽（wood pigeon）为例，在英格兰，当斑尾林鸽的栖息地由传统的林地变成田地时，它们的主食便从果子转变为了农作物（一些农民肯定会大声反对了）。一些斑尾林鸽甚至在城镇扎根，它们会经常在酒吧边混，这样一来，有大把的机会能在人行道上直接寻得食物——如果你们明白我在说什么的话。[我把斑尾林鸽的这种生存之道告诉一位朋友，他问：“是指吐出来的食物吗？”我说：“嗨，是被扔掉的。”]

说到虚构的卡通生物，巴姆福德曾和同事在2002年的《科学》（*Science*）杂志上发表过一则短篇报道，题为《为何自然资源保护学家该留意口袋妖怪》（*Why Conservationists Should Heed Pokémon*）。虽然他的两个儿子对当地的动植物颇感兴趣，但他们的大多数朋友却更着迷于卡通片《口袋妖怪》中的角色。“结果，居然有了关于口袋妖怪的图鉴，让孩子们可以熟悉不同妖怪的名字和所有特征，”巴姆福德说道，“就跟帮你了解美国东部的鸟类一样。”巴姆福德决心调查一番，看看孩子们更了解哪类“生物”：是真实存在于周遭的动植物还是这些口袋妖怪？答案可想而知。

依照这篇《科学》论文所述：“对于野外生物，孩子们平均成功识别率从4岁的32%上升到8岁的53%，而后轻微下降；而对于口袋妖怪，这个数字从4岁的7%上升到8岁的78%。相比橡树或者獾，8岁及8岁以上的孩子对口袋妖怪‘种类’的识别能力明显好得多。”得到这一发现，巴姆福德表示：“我们对此感到相当失望，更多的还是担忧，不过，这也许能

提供点思路，告诉我们该如何拽住孩子们的想象，将博物学知识推销给他们。”

这种灵感有它的可行性，因为鸟类的确具备令人咋舌的超凡能力。我来提供一个“让孩子迷上鸟类”的构想：现在，我先得承认自己对《口袋妖怪》中的角色一无所知，我想象它们也许有匪夷所思的能力，像鼻孔喷火、吃石块，或是设计一款高里程数低耗能的运动型多功能车（sport utility vehicle, SUV）什么的，又或者做出其他魔幻般的事。但是，鸟类本身能做到一些更令人称奇的事。有些鸟的奔跑速度能超过良种马，有些鸟可以从湍急的河流中用爪子逮鱼，还有些鸟甚至能看到1,600米外的兔子。当然，最令人惊叹的还是，它们会“飞”！事实上，当许多久居繁华都市的人偶尔抬头，看到天上飞过的如同超人一般的东西，都会惊呼：“看，天上！那是只鸟！”（翻译　姬十三）

注释

1．口袋妖怪，卡通片《口袋妖怪》中虚构的卡通生物。此片在中国也译作《宠物小精灵》、《神奇宝贝》。



喵星人崛起

人类对猫咪的执著已经延伸到了电子网络和设备。

猫这么多，时间这么少，怎来得及一一崇拜。

我一个人就拥有两只猫……唔，“拥有”这个词用得有点自我膨胀，应该说：有两只猫恩准我陪在它们身边，怎么陪则要随它们意。这两只猫都是搬走的邻居扔下的（我就知道）。第一只，附近的孩子一直叫它“斑点”的那只，已经养成了常来我家溜达的习惯，溜着溜着就不走了。

第二只，叫“阿虎”，也是孩子们起的名。我倒是给它想过几个堂堂正正的雅号，比如雅典娜（Athena）、阿基里斯（Achilles）之类，但它们既然已经是“斑点”和“阿虎”，就永远都是“斑点”和“阿虎”了。（我

们当然无从得知它们那高深莫测的真名，也永远不会知道。）阿虎看见斑点得到的待遇，便也要求（好吧，是命令）进屋来住。它现在正目不转睛地盯着我呢，那意思是叫我从它的椅子上下来。我解释说，我必须坐在椅子上工作，才能为它奉上猫膳。但它仍旧目不转睛地盯着我，那意思是："小弟，工作的事，就留到我不需要椅子的时候吧。"

据美国人道协会（The Humane Society of the United States）的估计，美国人拥有的猫咪总数已达到8,600万只。也难怪，人嘛，总得有一尊小小的猫神巴斯特坐镇沙发，生活才算圆满。［狗也很伟大，是它们穿越冻土带，把白喉抗毒素（diphtheria antitoxin）送到了诺姆！是美国的诺姆，不是古埃及的。行了吧，养狗派？］

我们对猫的执著，最近又有了强有力的证据：谷歌的X实验室开展了一个人工智能项目，他们将16,000台电脑处理器联网，并向该网络随机播放了视频网站YouTube上的1,000万条视频。研究者随后对这个网络展开询问，以测试它对世界的理解。当他们向网络出示猫的照片时，网络回答："对，这东西我认识。"这要么是因为YouTube上的视频大多与猫有关，要么就是猫神已经潜入网络并把答案告诉了它。

有报道称，研究者教电脑识别猫咪，或许是因为美国国会需要更多的故障信息，以便作为削减科研经费的借口。不过谷歌在斯坦福大学（Stanford University）的研究伙伴吴恩达（Andrew Ng）却否定了这一说法，他对美国国家公共电台表示："让网络找猫没有什么特殊目的。我们只是碰巧让网络找猫，而且网络找到了猫。"他还解释说，基于他的假设，由于许多人都上传了猫的视频，他们的网络才得以看到许多猫并且学会了辨认猫。

我敢说，要是吴教授让他的网络辨认一个男人往自己胯下投掷物体的形象，结果也一样成功。当然了，国会也不会给一个看得懂男人砸裤裆的网络科研拨款。所以，这个实验的真正目的，其实是观察一个小型模拟人脑的人工智能系统如何理解它所接触的信息。这个功能对企业界有许多好处，比如催生更好的搜索引擎和更好的语音识别软件。或许，它还能催生更加先进的武器系统，那样应该就能来点钱了。

说到钱，近来有些猫主人对适用于苹果平板电脑（iPad）的一款专门给猫玩的游戏很是恼火。根据"避世客"网站（Escapists）的说法，这款游戏能在屏幕上显示各种移动的物体，供你的猫娱乐。这就相当于用激光笔逗猫，既能锻炼猫，也能锻炼、娱乐主人，只是iPad更高科技而

已。

问题出在游戏升级时跳出的一个菜单，“避世客”称，这个菜单“太好用了，连猫都会用”，于是猫主人常常莫名其妙就破了财。最后，游戏设计者不得不将菜单改得复杂，以确保只有人类才能购买更多、更好的猫咪玩具。

好了，我还是赶紧从这椅子上下去吧。（翻译　红猪）



以“短”取胜

只有科学家才敢这样吹嘘："我曾经抓住过一条这样小的鱼……"

2005年1月下旬，一场大人国的战争在小人国水域爆发了。呃，恕我夸张了一些。我们这里要谈的不是红花餐厅（Benihana，日式铁板烧料理连锁店）的投虾案，虽然这起诉讼也发生在1月。据说，红花餐厅的一位厨师技艺精湛，能将烧得"滋滋"作响的虾准确投到食客口中。嗨！这何止是一顿饭，简直就是一场表演。谁知某日，一位客人为了躲开厨师掷来的虾，居然扭伤了脖子。这个人从此健康状况开始恶化，最后医治无效去世。他的遗孀以此为由起诉红花餐厅，并且狮子大开口，索要1,600万美元的赔偿。（2月，陪审团判决红花餐厅无罪，因为餐馆并没有错。）

言归正传，本文的重点不是虾，而是科学家对于最小的鱼类，即世界上最短脊椎动物的争论。一个多机构联合研究小组称，他们在印度尼西亚的高酸泥炭沼泽中发现了一种被称作*Paedocypris progenetica*的鱼，它的成鱼只有7.9毫米长。这种"生活在腐蚀性沼泽中的微小脊椎生物"被归为鲤鱼的一种。

科学家在《英国皇家学会会报B：生物学》（*Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*）上公布了这个发现，历史悠久的世界上最短脊椎动物头衔前任保持者、一种8毫米长的侏儒虾虎鱼（dwarf goby）被取代。现在看来，这种鱼改名叫巨人虾虎鱼（moby goby）似乎更准确。

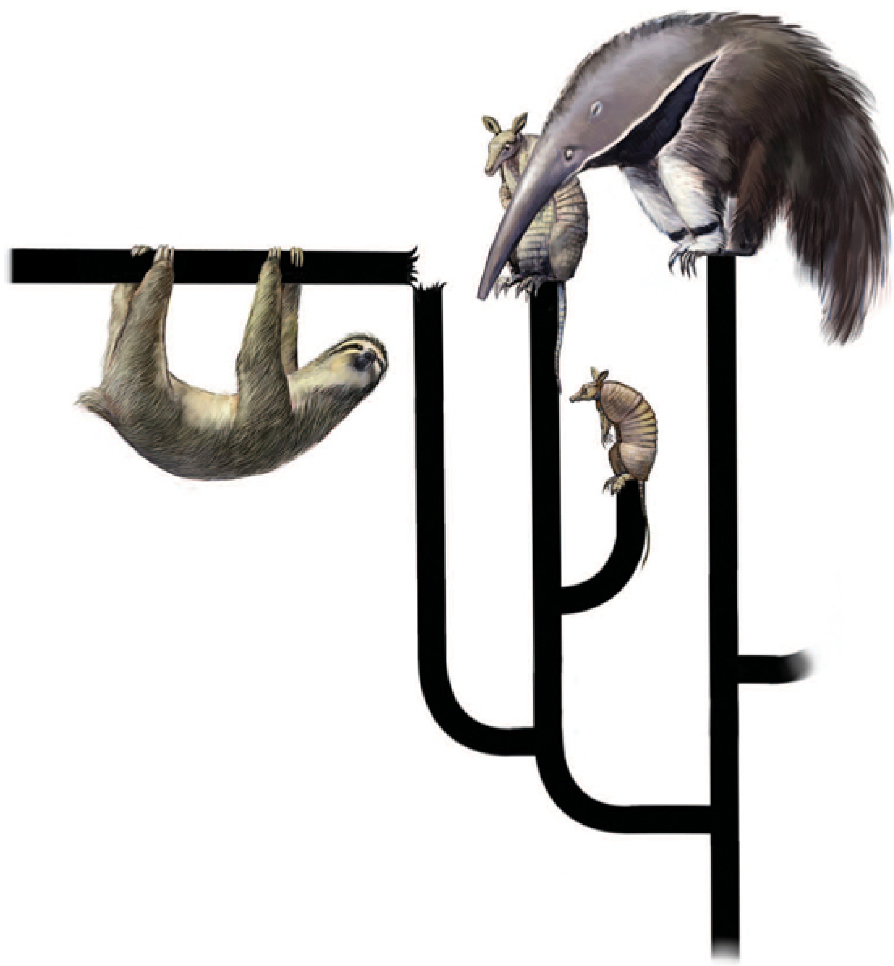
重要提示：绝对不要用一种名为*Driloleirus americanus*的蚯蚓——人们（大概一半的人）对它比较熟悉的称呼是巨型帕卢斯蚯蚓（giant Palouse earthworm）——来捕捉这两种小鱼。2006年2月上旬，一个美国爱达荷大学（University of Idaho）的研究生成为了近20年来第一个目睹这种蚯蚓的人。这是一种白色的虫子，就像亚哈（Ahab）所描述的那样，它能长到近1米长。当然，与那些能长到305厘米长的澳大利亚蚯蚓相比，它也算不上什么。幸运的是，它们都生活在深深的地下。

回到我们对于短小身材的论述。当各家报纸对新出炉的最短脊椎动物头衔获得者大唱颂歌、唾迹未干时，下一轮最短脊椎动物桂冠的摘取又开始了——美国华盛顿大学（University of Washington）闪电般宣

称，他们的西奥多·皮奇（Theodore Pietsch）探测到了新的“深度”（或者说“高度”更准确？我也不知道哪个词更合适一些）。这个发现发表在日本鱼类学协会（The Ichthyological Society of Japan）会刊《鱼类学研究》（*Ichthyological Research*）中。皮奇在文中提出，产于菲律宾的光棒鱼（*Photocorynus spiniceps*，属于琵琶鱼的一种）的雄性成鱼只有6.2毫米。而未成年的雄鱼“更大”（或者“更小”？呃，我不确定是哪一个）。而雌性光棒鱼能长到46毫米长——雄鱼之所以如此之小，是由它的异性寄生（sexual parasitism）的生殖方式决定的。

皮奇在文中引用了博物学家威廉·毕比（William Beebe）在1938年对异性寄生的解释：“在雌性气味的诱惑下，雄性一步步靠近体形巨大的配偶，在无边和压抑的黑暗中，任性而坚决地在她柔软的身躯上咬开一道裂口，沉醉于雌性血液缓缓注入自己血管的享受之中，打破一切对于自身的定义，成为一条无意识、无感觉的鱼——上述情节未经查实，尚属虚构。”我虽然不能亲眼目睹这种异性寄生的方式，但在西格妮·韦弗（Sigourney Weaver）的电影中，丑恶的异型生物在人体内孵化的情节已经足够令人触目惊心了。我指的是她出演的那部《异形》（*Alien*），不是《上班女郎》（*Working Girl*）。

由于微小的雄性光棒鱼体腔中的主要器官是精巢，它只能采取一种把自己作为性器官的生活方式。雌鱼负担了两个躯体的基本生活功能。无意识、依附性的雄鱼唯一的工作就是繁殖。有鉴于此，你就不会觉得汤姆·汉克斯（Tom Hanks）饰演的弱智男成功钓到美女的故事难以置信了。我说的是《阿甘正传》（*Forrest Gump*），不是《美人鱼》（*Splash*）。在《阿甘正传》里，那个弱智的男人最终钓到了鱼，不是吗？（翻译　徐蔚）



树懒不懒

> 树懒的名字常常让人联想到好吃贪睡，其实它们是不折不扣的行动派，而且有着超常的智慧。

任何因过错得名的动物都将面临生活的考验。树懒就该换个好听的名字，比如“从容兽”或“三思兽”。然而无人知晓树懒自身的想法，因为它们总是笑眯眯的，少言寡语。

2009年3月6日，我沿着加勒比海岸，来到哥斯达黎加的卡维塔以北的阿维里奥斯树懒救护中心（Aviarios Sloth Rescue Center），那里的

树懒就不怎么搭理我。这是一趟充满艰辛的旅程，但辛苦的不是我，而是荷美邮轮公司如德丹号（*Zuiderdam*）豪华邮轮上辛勤的船员。2月27日，这艘邮轮从美国佛罗里达劳德代尔堡启航，途经巴哈马、阿鲁巴、库拉索、巴拿马和哥斯达黎加，最后返回佛罗里达。在这过程中最令我头痛的是一顿接一顿的豪华大餐。如果阿维里奥斯保护区中的树懒因为消化树叶慢而得名，那我干脆叫“贪吃鬼”得了。（我打算写部小说《颓医记》（*Mopey Doctor*），以一位体重只有37千克并且多愁善感的内科医生为主角，上面这句正好作为开头。）

此次巡游是因赛特邮轮公司与《科学美国人》（*Scientific American*）共同主办的系列活动之三，主要是邀请一些科学家和蹭吃蹭喝的记者向热情洋溢且适应力强的听众进行演讲。本次游学的主题是进化。

邮轮顺着巴拿马运河靠大西洋的一侧行驶，通过传闻中阶梯状的加通水闸，进入到广阔的加通湖，水位一下子上升了85英尺（约26米）。4位主讲乘坐一艘摩托艇，驶过波光粼粼的湖面，到达巴洛科罗拉多岛，史密森热带研究所（Smithsonian Tropical Research Institute）就坐落在岛上。一个世纪前，这里曾是一座山丘，修建运河时引入的海水淹没了山谷，才形成现在的岛屿。整个岛屿是一座巨大的实验室（也是树懒的家园），正在开展一项长达30年的重大研究。研究人员对岛上部分区域的植物逐一标注并定期观察（目前有25万株植物），希望弄清热带生物多样性产生和发展的奥秘。数以万计的标注就隐藏在大片的树叶下面，有的伪装得极好，不仔细看会让人以为是斑纹。

通过加通水闸后的第二天，我见到了超级可爱的“奶油瓶”——阿维里奥斯中心救助的第一只树懒。1992年，路易斯·阿罗约（Luis Arroyo）和朱迪·埃维-阿罗约（Judy Avey-Arroyo）夫妇还在经营家庭旅馆，邻居家的孩子抱来了孤儿“奶油瓶”。在夫妇俩的照料下，这只三趾树懒宝宝健康成长，被取名为“树懒大仙”。从此以后，当地人一发现没爹没娘的小树懒，就往路易斯和朱迪那里送。到1997年，阿罗约夫妇成了专职的树懒救护人员。

这份工作充满挑战，因为有关树懒的科学文献非常少。夫妇俩必须从基础研究做起，比如研究树懒乳汁的成分。朱迪告诉我们，树懒妈妈养育的宝宝“生长速度比人工养育的快3～4倍”，“树懒的乳汁里肯定含有特殊成分，可能是一种高脂肪物质。不过我们对树懒母乳的研究还在

起步阶段，因为无法获取足够的母乳进行分析”。树懒妈妈总是把宝宝挂在身上，所以从不储备乳汁。用商业行话来讲，树懒妈妈采用的是“零库存战略”（just-in-time inventory strategy）。看来，狐狸是徒有其名，真正狡猾的是树懒。

尽管名字里带个“懒”字，树懒却是不折不扣的行动派。与整天吃饱了就睡的猫相比，树懒每天的睡眠时间只有10小时。它们虽然外形酷似木偶和猴子，在分类学上却更接近食蚁兽和穿山甲。树懒多半时间呆在树上，每周一次回到地面排泄。这种生活方式非常类似于灵长类中为数极少的一支——纽约高层豪宅中的超级模特。

目前，岛上共有116只树懒，它们要么在阿维里奥斯树懒中心接受治疗，等待伤愈后回归树林，要么与阿罗约夫妇生活在一起。这些树懒有的没爹没娘，有的触碰电线受伤，还有的曾遭受人类攻击。这些攻击树懒的人大概是想证明，查尔斯·达尔文（Charles Darwin）所著的《人类的由来》（*The Descent of Man*）应该被称为《人类的退化》。（翻译　红猪）



消化道一游

玛丽·罗奇携作品《狼吞虎咽》带领我们探索身体的内部管道。

美国喜剧演员格劳乔·马克斯（Groucho Marx）说过：“在狗之外，书是人类最好的朋友。在狗之内，光线太暗所以读不了书。[1]”既然已经有了这条流传了几十年的至理名言可作参考，那么为什么作家玛丽·罗奇

（Mary Roach）还非要把胳膊伸进一头活奶牛的胃里？那里可是昏暗得写不了字呀。答案是：因为罗奇每次都要这样研究一番，才能写出一本本能在狗的（身体）外面供人阅读的书。另外，这里的牛指的是所谓的“瘘管牛”（fistulated cow），意思是在牛身上专门辟出了一个隐蔽的洞口。这一点相当重要，因为通过其他方式进去都会一塌糊涂。

我在2013年4月初和罗奇见了一面，当时她来纽约宣传她的《狼吞虎咽：消化道历险记》（*Gulp: Adventures on the Alimentary Canal*）一书，以下简称《狼吞虎咽》。她在2010年曾出版了《打包去火星》（*Packing for Mars*）一书，我在本书另一篇文章中提到过。其中有一部分探讨了在没有重力的环境下如厕的窘境。她告诉我说：“有的人还没有读到书，只听到了宣传词，便觉得一整本书都在解释零重力下怎么上厕所的问题。这是不对的，那只是书里的一章，不过那一章确实引起了许多人的注意。这也使我了解到，除我之外，还有许多人对这种事情有着与12岁儿童一样的好奇心。”

《狼吞虎咽》以一个味觉实验开头，并以一次亲身经历的结肠镜检查结尾。正如罗奇所说，此书将“整个消化道”都包括在内了。

和许多伟大的文学作品一样，这本书的问世也多亏了一位对作家影响至深的编辑。罗奇回忆说：“之前，编辑给我定的题目是‘胃肠胀气’，于是我去找了Beano[2]的发明人，还到他们的研究中心去当了回实验对象。可是我那位编辑的笑点与我不太一样，她认为‘屁’这件事没有什么好写的，但我觉得不写就表现不出胀气研究中真正有趣和给人以惊喜的地方。但后来我意识到，消化道里还有种种其他乐趣。”

是啊，还有什么事情比套上塑料袖套、扭动着手指伸进一头奶牛的瘤胃里更有乐趣呢？（《狼吞虎咽》里介绍说，瘤胃是奶牛的4个胃当中最大的一个，尺寸相当于一个114升的垃圾桶。）

罗奇说，“瘘管牛”是农学院的主要产品。经过简单的局部麻醉，兽医在牛皮肤上切出一个咖啡罐盖子大小的开口，又在瘤胃上做出一个相似的开口。接着，他们把两个洞口缝合在一起，在表皮上装一个塑料塞子。于是，你瞧！一只“洞洞牛”（holey cow）——农学院的学生就这么叫——诞生了。（“瘘管”是一条人工的生理通道，不是一个让你随便塞进拳头的地方。）罗奇的这次亲密接触发生在加利福尼亚大学戴维斯分校（University of California, Davis），那里的奶牛为学生们提供了格外生动的指导，虽然不一定能打消他们所有的疑虑。

“瘤胃内部在进行发酵。”罗奇告诉我，“那是一个堆肥器，里面很热。奶牛利用细菌活动分解食物。我们靠的是胃酸和酶，而奶牛靠的是它的发酵桶。还有，你伸手进去就能感觉到那一阵阵奇妙的收缩。我还真担心我的哪根手指会被挤断呢。”她从不同角度回味着当时的触感：“这是对动物消化系统的一次短暂但是难忘的体验。它们的消化系统与我们的完全不同。”

当然了，还有许多人在动物的消化系统中有过短暂而难忘的经历，比如老虎的或鳄鱼的消化系统。不过他们的结果往往不是著书立说，而是变为这些动物的排泄物。好在罗奇经过了考察，也经受住了考验。经历过“在兽腹中”的沉思之后，她回来了，像约拿（Jonah，《圣经》人物，曾入鱼腹三日而不死）一样，她有一个精彩的故事要讲。有罗奇把舵，《狼吞虎咽》的“肠胃之旅”一定是一次大众喜闻乐见的美味科普之旅：它有知识，有乐趣，且易消化。（翻译　红猪）

注释

1．这是一句经典的双关语，英文原文是：Outside of a dog, a book is a man's best friend. Inside of a dog it's too dark to read.第一句话可以理解为“如果不算上狗的话，书是人类最好的朋友”。但这句话也可以理解为“在狗的（身体）外面，书是人类最好的朋友。”这样解释的话第二句话就很有意思，“在狗的里面，光线太暗所以读不了书”。这句话也可以引申为“如果不算上狗的话，书是人类最好的朋友；可如果把狗算在内的话，书和狗比起来就显得太难以理解了”。

2．Beano，一种减少放屁的药物。



拯救香蕉

> 香蕉是最受欢迎的水果之一，然而，由于香蕉基因的单一性和各种病虫害的威胁，这种美味的食品正在逐渐消失。

如果没有香蕉，我们的生活会变得怎样？无声电影创造的第一批银幕形象，就是那些头戴礼帽、踩到香蕉皮后“滑上云霄”的滑稽演员。可以说，是香蕉为电影打开了市场。如果没有香蕉，孩子们就只能在午餐盒里塞几枚湿乎乎的柑橘；如果“香蕉女郎”乐队变成“杏仁女郎”乐队，肯定没那么受欢迎。莎士比亚（Shakespeare）说：“让那些战争的懦夫逃走吧。”要不是脚底的香蕉皮打滑，他们又怎样“开溜”呢？

我是吃香蕉长大的。长身体的时候，每天的早饭总少不了“米酪、香蕉和牛奶”。现在骑车时，还不忘在衬衣口袋里塞根香蕉，好在半路上补

充点钾来提神。实际上，我现在就打算小憩一下，吃根香蕉。

我吃完回来了，味道真不错。（我在香蕉上抹了点花生酱，骑车时可就没这么方便了。）让我算算看，我这辈子到底吃了多少根香蕉。《香蕉：改变过世界的水果的命运》（*Banana: The Fate of the Fruit That Changed the World*）一书的作者丹·克佩尔（Dan Koeppel）认为："40岁左右的普通美国人，平均要吃掉一万根香蕉。"这样说来，我大概已经吃掉了15,000根香蕉。（是因为我已经40多岁，还是因为我不是普通人？不能告诉你。）

克佩尔在写书时，曾在洪都拉斯的香蕉种植园做了一个礼拜的研究。2007年冬天，我也到了一个类似的种植园。2008年1月31日，我在电子录音机上给自己留信："真是热死人了。"热浪让我"奄奄一息"，却让周围成百上千株香蕉树茁壮成长。这些香蕉树就种在洪都拉斯以北、危地马拉基里瓜的一个种植园里。我之所以去中美洲，是因为受到邀请，要在《科学美国人》（*Scientific American*）赞助的一次加勒比海巡游中发表演讲。（没错，这是件累人的活，但总得有人干。）当天安排的旅游项目之一就是参观香蕉园。对香蕉，我很难说"不"。（前一天，我才在伯利兹参观了吼猴，所以接着去看香蕉也是顺理成章的事。）

向导朱利奥·科多瓦（Julio Cordova）告诉我们，这个中等规模的种植园占地80英亩（约合486亩），兼做包装中心。每天，这里要运送5卡车香蕉，每卡车装960箱，每箱有12把。种植园的流水线上，有几十名工人正在分割大串香蕉（长在树上的一长串完整的香蕉），然后用塑料包装把香蕉按把装进盒子。一周之后，这些香蕉就会摆上你的餐桌。在"热死人"的天气里，这种工作才是真正累人的活，而且总得有人来做。

种植园里的一些香蕉树感染了香蕉叶斑病，该病由一种致命的真菌引起。克佩尔解释说，硫酸铜可以治愈这种疾病（但这会赔上工人的健康）。他在书中还分享了一些关于香蕉的趣闻：这种被称为香蕉"树"的东西，其实是世界上最大的草本植物；香蕉则是一种巨型浆果。尽管现存的香蕉超过1,000种，但多数人食用的却只是其中的一种——卡文迪什香蕉（Cavendish）。不幸的是，这种让我"痴迷"的香蕉正在逐渐灭绝。因为，一种能引起巴拿马病（Panama disease，枯萎病的一种）的真菌正向它逼近。

这种真菌简直就是"香蕉杀手"，它以前就出现过。实际上，我们今

天吃的香蕉只是一种索然无味的“替代品”。我们父辈吃的香蕉，是一种名为大米七（Gros　Michel）的品种。克佩尔解释说：“它个头更大，质地更软，果味也更香浓。”现在，最受欢迎的香蕉全是通过无性繁殖克隆出来的。（瞧瞧，它们都没籽，好吃得很。）但这也意味着，它们缺乏遗传变异性：有了遗传变异，一些个体才能战胜病原体。20世纪50年代，巴拿马病已经将全世界的大米七香蕉斩尽杀绝。接下来就该轮到卡文迪什香蕉了。人们本以为它刀枪不入，克佩尔却说：“卡文迪什对枯萎病根本没有免疫力，它只对消灭大米七的那种菌株免疫罢了。”

正如一首歌中所唱的那样：“是的，我们的香蕉没了。”谁都不愿意这句歌词变成现实。那么，我们就必须同时间赛跑，尽快找到治愈这种疾病的方法——要么改变香蕉的基因，要么找到全新的香蕉品种。因为，世界上绝对不能少了香蕉这种美味食品。（翻译　红猪）



西红柿为什么不甜了？

让现在味同嚼蜡的西红柿恢复过去的香甜。

“火星巨人”（Martian Giant）不是好奇号火星车发现的一个大块头，“墨西哥侏儒”（Mexican Midget）不是里奥格兰德河南边最受欢迎的摔跤手，“三姐妹”（Three Sisters）也不是安东·契诃夫（Anton Chekhov）剧本的标题——唔，契诃夫的确有这么个剧本，但此三姐妹非彼三姐妹。这里的“三姐妹”、“火星巨人”和“墨西哥侏儒”，都是西红

柿的名字。

这些都是祖传西红柿（指并非出于商业目的杂交而成的西红柿）的变种，它们经过压碎、捣烂、研磨、分析，踏上了神圣而美味的探索之路。2013年2月，美国科学促进会（American Association for the Advancement of Science）在波士顿召开年会。正如其中一场会议主题所讲的那样，他们正在为“修补破烂的西红柿”尽自己的一份力。

是的，工业化生产的、用玻璃纸包装成三个一包的西红柿简直糟糕透顶。这一点谁都知道，而且已经知道好几十年了。“西红柿失去香甜的味道，大致上是和二战末期开始的集约化育种一同发生的。”会议的发言人哈里·克莱（Harry J. Klee）说道，“我在《纽约客》（*The New Yorker*）杂志上读到过一篇好文章，它质问我们的西红柿出了什么问题。那篇文章是1977年写的，也就是说，在上世纪70年代，我们就已经知道这是个问题了。”克莱在佛罗里达大学（University of Florida）的园艺学系工作，还参加了该校的植物分子和细胞生物学项目。

现代超市中的西红柿之所以成为残次品，恰恰是因为人们不想使它们成为残次品。人们追求方便储存、方便运输的西红柿，其结果就是西红柿的外观、硬度和货架寿命全面压倒了口味。还有一大原因是追求每一株上多结果实。克莱说：“现代西红柿以产量为重，一棵植株上长出了太多果实，以至于植株来不及给这些果实注入营养。因此现代育种者的行为无异于往以前的西红柿里加水。”

你或许以为，制造出一种便于运输、永不腐烂但味如嚼蜡的西红柿是个糟糕的商业模式，就好比公车司机严守时刻表、中间不停车上客一样。然而这个想法只有在吃西红柿的人是顾客的情况下才能成立。克莱指出：“育种者的顾客是种植者，而非消费者。种植者要的是能赚钱的东西，不是消费者觉得好吃的东西。而育种者一般不和消费者接触，听不到后者对于最终产品的意见。”消费者可能把西红柿嚼了一半就吐掉，这一点育种者是不知道的。

运输一般需要冷藏，而这个环节会消灭掉所有的香味，因为冷藏会去掉所谓的“挥发物”——那都是些散发气味的化合物，能够进入鼻腔，影响人们对西红柿味道的感受。克莱说：“总的来说，采摘之后的一连串做法就是用来摧毁香味的。”

显然，要让西红柿不那么难吃，就要改革整个工业耕种体系。克莱的想法不是培育出什么异想天开的新品种，而是对现有的西红柿来一个

逆向工程。

琳达·巴图舒克（Linda M. Bartoshuk）在佛罗里达大学研究味觉和视觉，她在这次会议上也发了言。克莱与她合作，挑选了几十种历史悠久的祖传西红柿，比如前面提到的“火星巨人”等，并且让一组尝味者给它们打分。研究队伍接着将其碾碎（是碾碎西红柿，不是尝味者），然后克制住将汁水浇到意大利面上吃下去的冲动，对这些西红柿的成分进行了分析。

克莱和巴图舒克发现了六种增加甜度的挥发性化合物，而甜度正是人们给西红柿打分的最重要依据。他们还发现了两种能够抑制甜味的挥发物。这些挥发物可以欺骗大脑：打分者觉得，一种被称为“马蒂纳”（Matina）的西红柿品种比另一种叫“黄糖豆”（Yellow Jelly Bean）的品种甜一倍，虽然前者的糖分含量比后者要低。巴图舒克指出：“这六种增加甜度的挥发物马蒂纳全部都有，而且浓度高于黄糖豆。”看来名字真不代表什么。

眼下的难题，是利用这些新成果培育出滋味鲜美并且仍然有条件被大规模生产的西红柿。到那时，当你说到“西红柿”时，我就不会再撇嘴了。（翻译　红猪）



拉丁名中的奥秘

生物命名法背后的天才。

大走鹃（greater roadrunner）[1]的拉丁学名为*Geococcyx californianus*，小走鹃（lesser roadrunner）则是*Geococcyx velox*。我们熟知的卡通动物形象哔哔鸟（beep beep）[2]就是以走鹃为原型创造的，它在不同场合有着不同的名字：*Accelerati incredibilus*、*Velocitus tremenjus*、*Birdibus zippibus*、*Speedipus rex*以及*Morselus babyfatious*

tastius。而一直想抓哔哔鸟，却总以失败告终的大笨狼怀尔（Wile E. Coyote），则被看作是很多物种的代表，如*Carnivorous slobbius*、*Eatius birdius*、*Overconfidentii vulgaris*、*Poor schinookius*或*Caninus nervous rex*。（事实上，大笨狼的拉丁学名是*Canis latrans*，听起来有点像古罗马军队使用的盥洗室。）

我们必须得感谢制定了命名规则的人，他为我们和《华纳巨星总动员》（*Looney Tunes*）中的角色带来了夸张的拉丁幽默。他是谁呢？瑞典博物学家卡尔·林奈（Carl Linnaeus）。他沉迷于命名事业，甚至给自己取了很多拉丁文名字：*Carl Linné*、*Carl von Linné*、*Carolus Linnaeus*和*Caroli Linnaei*，这些名字都遵循他提出的规则：生物双命名法（即种－属系统，生物的学名由属名和种名两个拉丁文或拉丁化的字母组成），这套命名法至今仍适用于所有生物。2007年是林奈先生诞辰三百周年。看来，有些人的确会因为他们所作的贡献而名垂千古。

幽默的美国记者门肯（H. L. Mencken）[3]曾“一不小心”为林奈分类法作出了重要贡献，因为他将大部分美国人归为一个新物种：*Boobus americanus*。（别担心，你不属于这个物种。）门肯这样描述总是上当受骗的*Boobus americanus*：“一种从不知道禁猎期是什么时间的鸟”，拉丁名为*Disappearialis quickius*的走鹃恰好也有这样的“习惯”。顺便说一下，门肯曾报道过著名的斯科普斯审判案（Scopes Trial）[4]，一些人无法接受“从进化角度来看，现代人与大猩猩和类人猿的关系很亲近”这一观点，甚至闻之色变。

门肯发表过很多关于智人的精辟言论，有一条是这样说的：“什么是理想主义者？就是一旦发现玫瑰比白菜好闻，便断定用玫瑰做出的汤更好喝的人。”实际上，在拉丁语里，把蔷薇属植物与甘蓝混淆是常有的事。能有效避免混乱是林奈分类法得以迅速推广的一个原因：对于某种鸟，法国前任总统尼古拉·萨科齐（Nicolas Sarkozy）可能会把它称作*moineau*；西班牙国王胡安·卡洛斯（Juan Carlos）也许会叫它*gorrión*；美国前任副总统迪克·切尼（Dick Cheney）在放飞它之前，或许称之为“fire in the hole”（洞中之火）。不过对于所有科学工作者来讲，上面所说的鸟只有一个名字——*Passer domesticus*，在英语中是家麻雀的意思。没有林奈分类法，即使在同一种语言中，再普通的生物名称也很容易混淆——在英语中，家麻雀等同于英国麻雀……救命啊，这里有没有分类学家？

林奈的两部姊妹巨著分别是1753年的《植物种志》（*Species Plantarum*）和1758年的《自然系统》（*Systema Naturae*）。在前一本书中，他对所有已知植物物种进行了分类，而在后一本书中，则首次对动物界进行了编组和分类。由于他习惯给所有见过的生物命名，在维基百科网站上，关于林奈的词条这样写着："他被誉为亚当第二"。在《自然系统》一书的封面上，一个男人（很有可能就是林奈）正在用拉丁名命名"新的物种"，"就如同它们在伊甸园中被创造出来一样"。甚至对于堇菜属中包含的众多成员都没有遗漏。

不过，林奈偶尔会滥用他的命名权力。2007年11月，纽约植物园曾公开展览过珍贵的林奈亲笔注解版《自然系统》，在植物园官网上有这样一句话："为了报复批评他的人，林奈会以他们的名字命名一些外观丑陋、气味难闻的动植物。比如，他以德国植物学家约翰·西格斯贝克（Johann Siegesbeck）的名字命名亚洲的一种会分泌恶臭液体的杂草—— *Siegesbeck*。"因此，驴的拉丁名*Equus asinus*，或许会让林奈的心隐隐作痛。[5]不过，虽然他滥用命名权力，但是如果没有他，生物科学也不会成为一门知名学科。（翻译　姬十三）

注释

1．走鹃，一种鸟类，多见于美洲地区，在陆地上奔跑时速度很快。

2．哔哔鸟，动画片《哔哔鸟和大笨狼》（*Road Runner & Wile E. Coyote*）中的一位类似走鹃的卡通动物形象，跑起来会发出"哔哔"的声音，故名哔哔鸟。大笨狼怀尔也是该片中的动物形象。怀尔一直想捉住哔哔鸟，为此想尽各种办法，但每次都以失败告终，还弄得自己狼狈不堪。该部动画片的每一集都会赋予哔哔鸟和怀尔不同的拉丁名字。在某一集中，哔哔鸟名叫*Fastius tasty-us*，而大笨狼则叫*Apetitius Giganticus*。

3．门肯，20世纪美国著名作家、编辑和评论家。对于无知却又自以为是，还极度轻信别人的美国中产阶级，他曾提出尖锐的批评，并将这些人归类为*Boobus americanus*（意为傻瓜阶级）。

4．斯科普斯审判案，1925年发生于美国田纳西州。一位名叫约翰·斯科普斯（John Scopes）的高中生物教师，由于向学生们讲述进化论而被指控有罪。该起事件当时在美国引起巨大轰动，由一个教师有罪与否的问题，上升到当时保守派和现代派之间的矛盾斗争。门肯曾详细报道过该事件并发表了评论。

5．驴的拉丁名*Equus asinus*，与林奈名中的Linnaeus后半部分的读音比较相似。



混乱的植物界

有些植物竟是无机物。

已故的哈佛大学（Harvard University）古生物学家斯蒂芬·杰伊·古尔德（Stephen Jay Gould）曾说过，每一个物种的名字都表征了关于这种生物体的理论——不仅是赋予它一个称呼，还在地球上所有或爬行、或黏附、或跳跃的生命中，给予它一个位置。因此，任何一个新物种的发现，都会激起科学界和公众的兴趣，要是能发现一个全新的属，就更加令人振奋了。因此，如果有哪位科学家在一篇通过同行评审的论文中声称，发现了植物界中一个从未被命名过的科（比属还大的分类级别），却未受到世人瞩目，这样的事情多少有点让人吃惊。

更令人惊讶的是，这个科的植物其实无处不在，并且具有巨大的经济价值：可能是你家中的装饰品，也可能在牙医的候诊室里帮助缓解紧张的气氛，还可能被大个子球员任意踩踏。

很荣幸，我从该论文的主要作者纳特·布莱特（Nat Bletter）那里获得了一份该文的复印稿。这篇文章于2007年4月1日（选这个日子发表，还真是古怪）发表在《民族植物学研究和应用》（*Ethnobotany Research and Applications*）杂志网站上，题目清晰明了（虽然感觉有点生硬）：《人造植物：*Simulacraceae*的分类学、生态学与民族植物学》（*Artificae Plantae: The Taxonomy, Ecology, and Ethnobotany of the Simulacraceae*）。

正如论文作者们所提到的，*Simulacraceae*科植物带来的并不仅仅是一个“技术上的新鲜玩意”，它还是一个“真正的科学难题”。这些个体事实上是永生的，它们可以轻易跨越种间甚至属间而形成新的个体，并且没有任何遗传物质。［如果当初孟德尔（Mendel）[1]选择此科中的植物进行遗传学研究，恐怕到现在遗传法则和孟德尔本人都还默默无闻。］尽管那些知名学者们都不曾理会这个事实，但是，塑料牡丹、布织连翘和蜡西瓜等*Simulacraceae*科植物的确经常生活在（更准确地讲应该是存在于）我们中间。

布莱特等人在论文中描述了17个不同属、86个不同种的假花，它们的标本目前保存在纽约市人工知识和人类植物学基金会（New York City's Foundation for Artificial Knowledge and Ethnobotany，英文首字母缩写为FAKE，刚好是“赝品”的意思），那里也是展品储藏室。

论文中给出了关于该科植物的正式拉丁文描述（拉丁文是分类学中的官方语言，不过该科植物的拉丁文描述让人一头雾水）。接下来又是用一段同样令人捉摸不透的普林尼（Pliny）[2]式语言描述了每个属。作者还提到以前根本没有关于该科植物的分类学文章发表，因此“我们不必强迫学生去做义务的文献搜集工作”。

布莱特是纽约植物园（New York Botanical Garden）国际植物科学中心（International Plant Science Center）的研究生。他写道，他对*Simulacraceae*的强烈兴趣源于一种病：重度慢性论文规避综合征（severe chronic avoidance of dissertation syndrome, SCADS）。他说：“我们不能确定SCADS是源自遗传因素还是环境因素，这项研究或许会成为我们下一个受美国国立卫生研究院（NIH）巨额资助的课题。”

*Simulacraceae*科包括：塑料属，主要是由长链碳氢化合物的复杂多聚体组成的假植物，它们的化学成分显示它们起源于石化工业；碳酸钙属，由贝壳制成的人造植物；石蜡属，最熟悉的例子是奶奶厨房桌子上

的大碗里满是灰尘的蜡香蕉、葡萄和苹果；硅石属，包括举世闻名的哈佛自然历史博物馆（Harvard's Natural History Museum）中收藏的玻璃花[3]——共有约3,000个标本，展现了830多个植物花卉的种类。而现在，它们有了新的名字和分类。（翻译　姬十三）

注释

1．孟德尔，奥地利遗传学家，遗传学的奠基人。他提出了“遗传因子”的概念，并阐明了遗传的规律，即“孟德尔定律”。

2．普林尼，古罗马作家，以其所著《博物志》一书著称。

3．波士顿的手艺人莱昂波尔德（Leopold）和布拉什卡（Rudolph　Blaschka）在1887年至1936年的近50年时间，用传统玻璃工艺制作了大量植物模型，收藏在哈佛自然历史博物馆中的植物标本室。每件模型都达到了科学的精确性与艺术的完美性，它们作为哈佛生物教学的教具沿用至今。



物种分类新论

把体重1千克的吉娃娃归入家犬，作为狼的一个亚种。这样的犬种分类你能赞同吗？

某天，我突发灵感（但不是初学者的那种突发奇想）。事情还得从2009年3月上旬说起，芝加哥大学（The University of Chicago）进化遗传学家杰里·科因（Jerry A. Coyne）在游艇上作了一次演讲。如果各位还记得《树懒不懒》那篇文章，就应该知道在茫茫大海上作科学报告的难处，并不是同大风大浪“搏击”，而是疲于应付没完没了的自助大餐。我只能不停地吃，任自己离题（科学报告）万里。

创世论者总是宣称没有人见过物种形成过程。2008年12月，乔纳森·韦尔斯（Jonathan Wells）在名称与实质不太吻合的“发现研究会”网站

（Discovery Institute）上留言："达尔文理论的基础是将物种一分为二，新分裂出的物种又不断分杈，不断产生新的物种，如此循环往复，最终形成达尔文理论的树杈结构。然而，这个物种形成的过程却从来没人看见过。"

这让我想起一件案子，一名男子被控在酒吧斗殴中咬掉了另一名男子的耳朵［迈克·泰森（Mike Tyson）居然没有涉案，真是意外］。法庭上，辩方律师盘问目击证人："你是否亲眼看见我的委托人咬掉了那只耳朵？"答曰："没有。"律师于是反问："那么，你怎么肯定是被告咬掉了那只耳朵？"证人回答："我看见他把耳朵吐出来了呀。"物种形成问题也是如此。我们从生物化石中发现中间物种；从物种间的解剖差异中了解基因组的同源性。换句话说，我们已经看见了进化论"吐出来"的东西。

回头说说船上的事吧。科因在演讲中罗列了大量能证明进化论的确凿证据［想了解报告的概要，只要一边大吃大喝，一边阅读科因的新书《为什么要相信达尔文》（*Why Evolution Is True*）就行了］。同达尔文一样，科因发现，通过人工选择形成新物种，是模拟自然选择的一种很好的方式。他又谈到犬种问题，这在他的书里也有提及："如果目前确认的犬种只出现在化石中，那么古生物学家就会把它们归入不同的种，种的数目肯定超过自然界中现有的野生犬种数——36种。"

无论生物体如何类似，只要存在生殖屏障，我们就认为它们属于不同的物种。这里的"屏障"并非特指染色体无法匹配。对于山羊以外的动物，一座大山就是屏障；对于鼹鼠以外的动物，一座鼹鼠丘也是屏障。

游艇上的另一位演讲者是美国杜克大学（Duke University）的穆罕默德·努尔（Mohamed Noor），他专门从事生殖屏障研究，曾获得林奈学会颁发的达尔文-华莱士奖章（Darwin-Wallace Medal）。该奖项每50年颁发一次，表彰进化论方面的研究成果。如果乔纳森·韦尔斯先生只考虑之前的49年，他可能会断言：没人得过这个奖，因为谁也没见过这个奖的奖章。

努尔的研究着眼于两种果蝇：拟暗果蝇（*Drosophila pseudoobscura*）和褐果蝇（*Drosophila persimilis*）。在实验室中，他让雌性拟暗果蝇和雄性褐果蝇交配，产下具有生育能力的后代。但这种交配在自然界中绝不可能实现，因为雌性拟暗果蝇厌恶雄性褐果蝇的气味、叫声，甚至求爱的舞步。

言归正传，谈谈我的灵感：不同的犬种根本就是不同的物种。科因

提到两类差异悬殊的犬种：体重80千克的英国獒犬和体重1千克的吉娃娃，但两者都属于家犬。理论上，通过人工授精也能培育出杂交犬种：巨型吉娃娃。但事实上，雄性吉娃娃要与雌性英国獒犬配对，可能还得借助攀岩和洞穴探险装备。

为了谨慎起见，生物学家把这两个犬种归入同一物种。但目前的形势是，创世论者正向进化论大举宣战，现在是时候迎头回击，把战战兢兢的大眼睛吉娃娃重新归类了。瞧！这不就是物种形成吗？这个犬种可以被称为“紧张犬”，或“看不见游行队伍犬”，或“请帮我按十二楼犬”。奇怪的是，吉娃娃至今仍被归为家犬，属于狼的一个亚种。把吉娃娃说成是狼，就好比将“发现研究会”的成员称为科学家。（翻译　红猪）



人浪动力学

> 让“浪”什么的留在鱼群，让创世论什么的离开学生群吧。

风和日丽的下午，砸下大笔钱财来观看比赛的你坐在棒球场。看着看着，那东西就朝你移动过来。从远处开始，人群中的一些人突然莫名其妙地牺牲个性，逐个从座位上站起来把手臂伸向天空，一小会后又重新坐下。这股浪潮从看台上的各个部分涌过，逐渐逼近，终于将你吞

没。无论你是参与其中还是干坐着等它过去，你都会被它裹挟、淹没。

可是现在，得克萨斯人却想出了一个好点子（同一年夏天的第二次！）：美国棒球职业大联盟的卫冕冠军（至少在我写这篇文章时还是）得克萨斯游骑兵队试图让球迷戒掉人浪。尽管没有明令禁止，但游骑兵队在记分牌上用大写字体打出了警告，全文如下：

“外科医生指出，制造人浪会造成伤害，是的，将手臂迅速伸向空中的动作会拉伤冈上肌和冈下肌。还有，任何参与人浪的儿童都将被卖到马戏团。在棒球场内不要制造人浪，在橄榄球赛和麦莉·赛勒斯（Miley Cyrus）的演唱会上请随意。”

［出现在得克萨斯州的另一个好点子是，该州的教育委员会在2011年7月通过一项决议，驳回了在中学生物教科书中补充反进化论材料的申请。根据美国国家科学教育中心（National Center for Science Education）的报道，补充材料中称“智能设计论”是科学界新的“默认观点”。但该中心的乔舒亚·罗西瑙（Joshua Rosenau）表示，这些补充材料“不仅充满创世论者的观点，而且质量相当低劣，充满拼写错误、印刷错误以及对事实的扭曲”。在生物课上使用这样的材料既是对教育的侮辱，也是对理智的背离，就好比一个美国州长刚刚对脱离联邦表示支持，马上又参加总统选举一样。］

要说明的是，我并非对“人浪动力学”有什么异议。有些科学家曾把球场人浪和鸟群、鱼群中那些复杂的突发运动相提并论，即整个群体在没有个体领导的情况下相互协调、集体行动。换个角度看，就是群体中的每个个体都变成了领导，它们从一侧的相邻个体那里获得消息，紧接着又以自身行动示意另一侧的相邻个体如何行动。慢镜头录像确切无疑地显示：一个动作在盘旋的鸟群或者鱼群中的传播方式，和一股波浪在流体中的传播方式非常类似，而这里根本没有裁判说三道四、作出争议判罚的份。

既然提到裁判，就说说我的一个感悟吧：裁判都是不必要的。明确的判罚无需裁判指出，比如跑垒员离垒包很远之类的。至于那些充满争议的判罚，也就是击球手和球几乎同时到达垒包的情况，裁判一般会说的只是“哪个先到都有可能”这样的标准托词。这种时候，我们只能寄希望于高科技能早日取代活人掌哨。如果有卫道士争辩什么“人为错误是比赛的一部分”，那么就让他们比赛后去停车场寻求慰藉好了，那里常有几十个球迷团团转，因为他们都不记得把车子停哪里了。

回到那汹涌翻腾、延绵不断、令人心烦的人浪。我在文章开头已经说了：走进球场时，我可是花钱来看比赛的。如果我实际做的事情是愉悦其他球迷，那门票收入也该算我一份吧。说正经的，一群世界上技艺最娴熟的人正在场内施展本领，我们这些凡人还是专心看着吧。得克萨斯州的决策是正确的：让“浪”什么的留在鱼群，让创世论什么的离开学生群吧。（翻译　红猪）



企鹅与官司

既然自由的代价是时刻保持警惕，那么不好意思，我们只好又来谈谈“智能设计”这个话题了。

首先，我们要回顾一下历史。历史上最先出现的，是蒙昧的创世论，它宣称地球上所有的生命都是按照《圣经》中所描述的方式被创造出来的，而非进化而来。随后，创世论演变成更巧妙的“智能设计论”（intelligent design，ID），这一理论认为生命极其复杂，不可能通过自然过程进化而来，所以肯定有一位智能设计大师（其身份还是个秘密，不过他的名字与“Todd”谐音）创造了生命。自然界无数千变万化的奇迹，小至细胞的鞭毛，大至所有男人、女人，无不出自这位大师之手。

2005年9月13日，登载于《纽约时报》（*The New York Times*）上的一篇文章探讨了纪录片《帝企鹅日记》（*March of the Penguins*）带给我们的种种启示，正是这些启示使得该片大受某些人的追捧。《世界杂志》（*World Magazine*）的一位评论员就认为，企鹅蛋虽然脆弱得不堪一击，却能熬过南极严酷的气候，并且孵出小企鹅，这就是“智能设计的有力证明”。保守派评论家迈克尔·梅德维德（Michael Medved）则声称，该电影热情讴歌了“正统的道德规范，诸如一夫一妻、牺牲精神和抚养后代等等”。

正巧，我也看了这部电影。在美国佛罗里达州南部的一个天气热得快要把皮肤烤出泡来的下午，我十分明智地选择了在开着冷气的电影院中看企鹅。因此对这个问题，或许我也能说上几句。

尽管企鹅有着整洁的外表，而且能直立行走，但它们并不是人。企鹅遵循的“正统道德规范”包括一丝不挂地招摇过市，以及反刍食物来喂企鹅幼仔。但如果我们认为对企鹅的这些“不雅”行为进行口诛笔伐非常荒唐的话，那么因为它们实行一夫一妻制就对它们大加赞扬，岂不是同样可笑？而且，电影中明确指出，企鹅实行的是季节性一夫一妻制。那些卫道士们常常痛骂某些电影明星风流成性，其实影片中的企鹅明星们也好不到哪里去——它们的配偶每年一换。此外，把企鹅作为“智能设计”的证据也大有问题。企鹅在孵蛋时，通常是将蛋固定在双足和身体之间，让它紧贴自己温暖的身躯。如果一不小心让蛋滚到了地上，哪怕只有短短的几秒钟，企鹅蛋也会迅速冻裂。真正的“智能设计”应该可以更智能一些，例如让小企鹅在母体内发育，或者将蛋壳加厚，或者将企鹅的栖息地搬到迈阿密这样温暖的地方。最后，企鹅父母需要轮流跋涉110多千米，到海边觅食——它们是鸟，却只能在地上行走。

让我们暂且放下企鹅的苦难，到法庭上去开开眼界吧。2005年9月

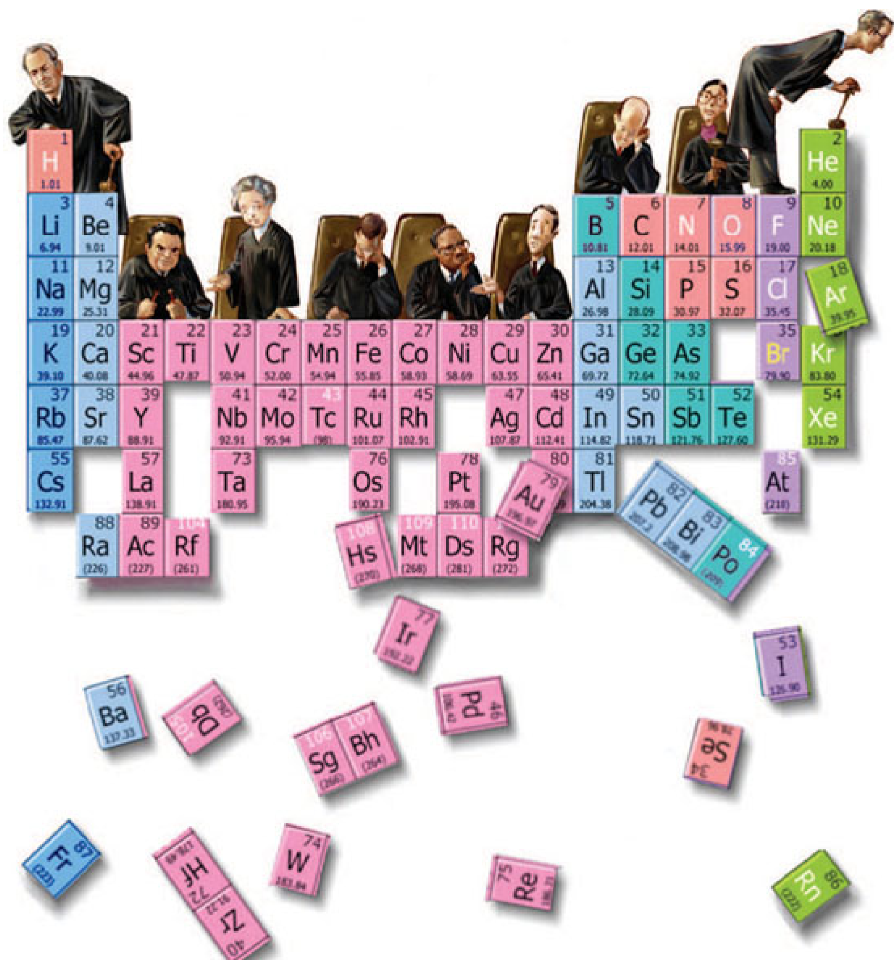
26日，我端坐在宾夕法尼亚州哈里斯堡市的联邦法庭内，听一位律师发问："请问我们人类会有细菌的鞭毛吗？"几乎可以肯定，这类问题出现在法庭上还是破天荒头一回。这个审判是要判决宾夕法尼亚州多佛学区委员会是否违反了美国宪法中关于在公立学校中引入宗教的条款，因为他们要求在该校九年级的生物课中，加入鼓吹"智能设计论"、反对进化论的内容。

有些人将此案称为"斯科普斯审判案（Scopes Trial）第二"，其实它应该被称为"斯科普斯审判案第三"。1987年，美国最高法院审理爱德华兹诉阿癸拉德一案（*Edwards v. Aguillard*）后裁定，禁止在公立学校理科课程中加入创世论的内容，这一案例通常被称为"斯科普斯审判案第二"。既然已经有了一个第二，那就不应该再冒出一个第二，除非这些不可理喻者想把数学课也胡搞一通，让我们连基本的数字概念都弄不清楚了。

那些希望学校里讲授智能设计的多佛学区委员会成员，可以参考本文第一段找到智能设计的解释。课程设置的负责人威廉·白金汉（William Buckingham）是智能设计的鼓吹者之一，他在2005年1月出庭作证时使用了一些剽窃来的观点。当时法官对他说，"请你用非常简单的语言谈谈你对智能设计含义的理解，好吗？智能设计会教些什么东西呢？"白金汉答道："除了我已经表述过的以外，这个……嗯，很多科学家……不要问我他们姓甚名谁。其实，我真的说不出它是怎么来的。很多科学家认为，很早很早以前，一些东西如分子、变形虫之类，逐渐进化成了我们现在看到的复杂生命。"

我们的孩子是在学习知识么？

然而，截至本文发稿时，此案件还在审理之中，所以接下来我们会进一步关注。注意，没有人说保持永久的警惕心是件容易的事。（翻译　郭凯声）



你是科盲法官吗？

第二定律压倒第十修正案。

美国最高法院（Supreme Court of the United States）助理法官一职又有了一位新提名的候选人——塞缪尔·阿利托（Samuel Alito）。［注意：是塞缪尔·阿利托，不是美国旧金山在金门大桥那头的小镇索萨利托（Sausalito）。］原先被提名担任此职的是哈丽雅特·迈尔斯（Harriet Miers），不过她闹了个笑话，以为马伯里诉麦迪逊一案（*Marbury v. Madison*）与当时为纽约尼克斯队（New York Knicks）效力的控球后卫斯蒂芬·马布里（Stephon Marbury）及其主场麦迪逊广场

花园（Madison Square Garden）有什么瓜葛，因而不得不黯然退出。

尽管迈尔斯缺乏宪法方面的经验，但有的评论家仍为她抱不平，认为她拥有公司法方面的经验，而在法院审理商业案件时，这方面的经验将大有用武之地。不过，可以肯定，在法院审理的案件中，涉及科学技术的案件也将与日俱增。有鉴于此，下面我拟订了一些与科学有关的问题，在审议最高法院法官提名的听证会上，参议院司法委员会（Senate Judiciary Committee）的委员们可以用这些问题来考考诸位候选的法官：

1．RNA（核糖核酸）与NRA（国家步枪协会）有什么不同？
2．据说重力不但是一个很好的概念，而且还是条定律。那么重力算得上是法律吗？在这个肥胖症泛滥成灾的国度，重力当真是个很好的概念吗？
3．何谓热力学第二定律？何谓牛顿第三运动定律？哪个在先？
4．在批准任命的听证会上，首席法官约翰·罗伯茨（John Roberts）把法官比作棒球裁判。那么是否该在棒球比赛中通过慢镜头重放来帮助裁判进行裁决？“antediluvian”（意为老式的，大洪水以前的）一词是否指弗勒德一案（*Flood*）[1]裁决前的棒球运动？
5．你相信人会自燃吗？或是，说不定你想自焚，因而不愿回答这个问题？
6．法官安东宁·斯卡利亚（Antonin Scalia）在对死刑发表高见时说:“对于虔诚的基督教徒，死亡算不得什么大事。”死亡是不是大事？如果死亡不算大事，为何谋杀是大罪？
7．《法律与秩序》（*Law and Order*）和《法律与秩序：犯罪意图》（*Law and Order: Criminal Intent*），哪个是最初的版本？
8．勒夏特列原理（Le Chatelier's Principle）认为，如果你扰乱一个已经进入动态平衡的化学体系，它将作出回应，达到一个新的平衡态。第八修正案禁止使用各种稀奇古怪的残酷刑罚，那么请问，扰乱一个处于平衡态的系统算不算违反了第八修正案的规定？
9．一边要放松管理，降低产品的安全水准；一边要改革民事诉讼，限制劣质产品伤害案的赔偿额；同时还得摆出一副铁面包公、决不手软的样子，你有这样的表演本领吗？
10．你是不是恪守法律条文，认定对宪法就得一字一句地“死抠”？若你果然如此，那么请问，如果把宪法原件放在汽车里跨州运送算违

宪，那么用马来驮运是不是就符合宪法？此外，氦元素是在宪法制定以后发现的，那么我还能用氦气给气球充气吗？

11．假定法官鲁思·巴德·金斯伯格（Ruth Bader Ginsburg）从华盛顿出发以每小时60英里（约合每小时97千米）的速度向西行进，而法官安东尼·肯尼迪（Anthony Kennedy）从洛杉矶出发以每小时70英里（约合每小时113千米）的速度向东行进，那么他们会不会在法官克莱伦斯·托马斯（Clarence Thomas）还没有提问前就碰头？

12．爱因斯坦的相对论认为，对于不同的观测者，两个时间可能是同时发生，也可能是一先一后，视观测者之间的相对运动而定。这些玄妙莫测的理论会不会令你头晕呢？还有，在评估各位目击证人的说法时，该怎样考虑相对论的影响？

13．如果微软卷入了一场官司，你在审理这场官司时还会用微软的文档和文字处理软件Word来写下你的观点吗？

14．已经结案的美国奇兹米勒诉多佛学区一案（*Kitzmiller v. Dover Area School District*）与斯科普斯审判案有异曲同工之妙。多佛学区对一部有关智能设计的著作情有独钟，一口气为学校图书馆购进了60本，而此案的被告之一宣称不知道购书款出自何处（他承认对这本书只马马虎虎地“扫了一眼”）。法庭随后用被告自己签发的注销支票来同他对质。请问，对于这样一位被告，是应该控告他作了伪证，还是不管第八修正案，勒令他真正读一遍那本书？（翻译　郭凯声）

注释

1．弗勒德一案，指美国职业棒球运动员弗勒德诉美国职业棒球大联盟反托拉斯一案。



岁末大派送

> 《英国医学杂志》可以算得上是一件美妙的岁末礼物。

在圣诞老人的口袋里，年终版的《英国医学杂志》（*British Medical Journal*）算得上是件好礼物，那些有趣的研究报道照亮了岁末阴冷的冬日，带给我们温暖和光亮。就拿《哈利·波特施法保护孩子们远离意外危险》（*Harry Potter Casts a Spell on Accident Prone Children*）这篇文章来说吧，其作者发现，孩子们在尽情玩耍时，很容易发生意外事故而被

送进急诊室，比如，溜冰和玩单脚滑行车的时候。然而，在哈利·波特（Harry Potter）深入人心后，这样的不幸很可能会很少见了。作者形容“哈利·波特”系列小说“带给孩子们如此特别的快感，这快感没有水平的疾速、危险的高度、急速旋转的轮子或锐利的边缘”。

于是，在前两本“哈利·波特”系列小说发行后的间歇里，敬业的作者们每个周末都赶到急诊室去进行调研，结果发现，幼童发生意外事故的急诊率“明显降低了”。事实上，那些天大家都好好的，一个来看急诊的孩子都没有。自从孩子们迷上哈利·波特之后，急诊率减少了一半。作者谨慎地说：“所以，应当假设有那么一个部门，一个安全意识委员会。有才华的作家们可以写些能降低孩子意外事故的好书出来。”然而，也有些“麻瓜”写报告指出其负面效果，即存在“不可预测的幼儿肥胖症、佝偻病和心血管病暴发的风险”。

贺岁刊中，另一个特别有趣的研究是《论玻璃杯的形状与酒的倾注量》（*Shape of Glass and Amount of Alcohol Poured*）。我们的大脑似乎常常对高度和体积概念不甚清楚，在按标准倒一小杯酒时，即使是资深调酒师也会估计错误，在又宽又矮的酒杯里所倾注的酒量比在又高又瘦的酒杯里大约多20%。科学家们建议大家使用高脚杯来避免这种倾注过量的情况，也可以采用那些“标有刻度的酒杯”。眼下，看样子我不会拥有一副倒酒专用眼镜，不过，我也很少享受到足量的酒。（原编者按：赞同！调酒师也没满足过我们！）

或许最有趣的研究要数《茶匙的不翼而飞——纵向剖析澳大利亚某研究所的茶匙失踪事件》（*The Case of the Disappearing Teaspoons: Longitudinal Cohort Study of the Displacement of Teaspoons in an Australian Research Institute*）。据说，那个研究所的休息室常常处于茶匙短缺的尴尬境地，研究员们没法加糖或冲速溶咖啡，继而给工作进度和质量带来恶劣的影响。研究者们试图回答“那些该死的茶匙都去哪里了？”的问题。

调查人员在一个厨房里放置了“仔细数过的”70把茶匙，然后，每周进行“茶匙普查”。5个月后，80%的茶匙不翼而飞。那些好好放置在常见场合的茶匙平均寿命只有42天。作者作出了三项解释：首先，引证1968年《科学》（*Science*）杂志上《公用的悲哀》（*The Tragedy of the Commons*）一文，此文阐述了个体对公用资源过度消费所造成的毁灭性危害，还说人们是当真会把公用茶匙拿回家；其二，作者认为，或许在

一个遥远的星球上住着茶匙这样的公民，我们生活中的茶匙们纷纷移民到那个国度去了；最后，他们将异象抵抗原理（theory of counterphenomenological resistentialism）视为“无生命物体对人类有种天生的仇恨，因此，人们总以为自己在掌控事物，实际上反而越来越被事物操纵”。换句话说，如果你仍固执地认为你掌控着一切，很好，那么那些该死的茶匙都去哪里了？

约翰·琼斯法官（Judge John Jones）令《英国医学杂志》加入到传播节日喜庆气氛的行列之中。《英国医学杂志》刊载了琼斯法官2005年12月20日对美国宾夕法尼亚州多佛“智能设计论”（intelligent design）一案的裁决书。这个案件在《英国医学杂志》上已经被提到过多次了。你在这篇甚至可以从互联网上找到的裁决书里面看不到任何法学方面的东西，它简直就是一篇通俗易懂、经典优美的科学论文。约翰·琼斯法官除了在裁决书里详细论证“智能设计论”像“茶匙星际旅行假说”一样荒谬无理、一派胡言外，还就公立学校科学课上讲授“智能设计论”事件而大加批判地方教育委员会“愚蠢得惊人的”反科学退步思潮。之后，地方政府深入调查了那些被罢免后又出现在证人席上的前教育委员会成员的伪证罪名。这实在不怎么“智能”。（翻译　阿沙）



生命如赌场

生命真的诞生于所谓的原始汤吗？

下面的说法对你而言大概是一道晴天霹雳，但接下来或许就会觉得好玩，这个说法就是：“汤在1953年达到了鼎盛时期。”如果你不久前刚刚品尝过一碗美味的培根豆子汤，你一定会觉得这是胡说八道。这句话

是英国科学记者亚当·拉瑟福德（Adam Rutherford）在《创造：科学是如何重塑生命的》（*Creation: How Science Is Reinventing Life Itself*）一书中提出的观点。

仔细一读才知道拉瑟福德笔下的“汤”是所谓的“原始汤”（prebiotic soup），提出这个名词的是另外一位英国名人——进化生物学家霍尔丹（J. B. S. Haldane），“原始汤”指的是一个“池塘”，这个“池塘”含有足够丰富的化学成分来满足初始细胞的形成条件。

然后，在1953年，美国化学家斯坦利·米勒（Stanley Miller）制造出了前文所说的“汤的鼎盛时期”：他将水、甲烷、氢和氨混合，以模拟制造出40亿年前的大气成分，并在这团混合物中加入电火花，以模拟远古时代的闪电。（我之前说过，“霹雳”的意思不是那么简单。）不出几天，混合物的颜色就变深了。米勒分析发现，其中出现了氨基酸，而氨基酸是构成生命的上佳材料。

这个实验似乎能清楚地表明，各种生化物质是如何出现在早期地球上的。这个实验后来广为流传，甚至出现在《星际迷航：下一代》（*Star Trek: The Next Generation*）的最后一集里：被称为“Q”的全能生物将主人公皮卡舰长带到了大约35亿年前的地球，并指着一摊冒泡的烂泥说：“我不是开玩笑，但这就是你们。这颗行星上的第一个生命就将出现在这里。氨基酸将组合起来，形成第一个蛋白质，而你们所说的生命，就是由蛋白质这种积木搭建起来的……你们的所有知识，你们的整个文明，一切都是从这一小汪泥塘中诞生的。”饰演Q的约翰·德兰西（John de Lancie）居然能把“泥塘”拖成了三个音节，单单因为这一点，这一幕就值得一看了。

问题是，生命起源于“原始汤”的观点十之八九是错的。几天前，拉瑟福德从另一个“大池塘”的彼端给我打来电话，解释说，“其实‘原始汤’指的是复杂的生物大分子可以在适合的条件下自发产生。这个实验很形象，也很重要。但在我看来，大家之所以会错误地解释地球生命的诞生，这个理论也要负很大责任。”

是的，米勒的那锅原始汤里的确产生了氨基酸，但它们只是静静漂浮，并没有玩起仰泳。拉瑟福德指出：“这些化学物质反应了一次就不再反应，整个过程到此结束。但生命不是这样，生命是持续不断的化学反应。”你大可以在汤边静候，但里面是永远不会飞出苍蝇来的。

后来，研究人员找到了更有可能诞生生命的地方——被称为“白烟

囱”（white smoker）的深海热液喷口。尽管“白烟囱”散发的热量和米勒的电火花一样，只能在一锅材料齐全的汤里制造有限的变化，但是，烟柱还会喷出大量氢气，并在周围的熔岩上钻出细胞大小的气孔。只要从热液喷口中喷出的氢原子中剥离出一个电子，就会剩下一个孤零零的质子。而气孔两边的质子只要数量有差别，就必定会产生一股带电粒子流，这也许就能启动化学反应，并使这些反应维持下去。天长日久，就会产生出我们这些喜欢对着一潭死水沉思的生物。

拉瑟福德说：“生命就像一间赌场。”这样说不是因为赌场里面总有烟民咳嗽着把退休金全部输光，而是因为，“人人都知道，只要赌的时间足够长，赢的肯定是庄家。但生命的本质，就在于不断从庄家那里赢回一点。这个过程已经持续了大约40亿年。你死之后，自会出局，蕴藏在你细胞内的能量将被归还给庄家。但在有生之年，你始终能从环境中获得能量，并靠着这些能量活下去。这有点像在赌桌前玩二十一点，玩家都会努力让自己整夜呆着不下桌。”所以下桌之前，千万不要错过精彩的演出。（翻译　红猪）



诺贝尔奖得主的可敬面孔

与诸位诺贝尔奖得主在林道共度一周。

船驶出港口时，我身边的一个年轻男子哼出了《盖里甘的岛》（*Gilligan's Island*，上世纪60年代的美国电视剧，讲述一群演员流落荒

岛的故事）的主题曲。我对他说，要是剧中的米诺号（S. S. *Minnow*）搭载的不是一个孤零零的教授，而是像我们这艘船这样，装满了诺贝尔奖得主，那么剧情就会很不一样了。“可不是嘛，”他说，“要是有我们这个阵容，很快就有人来营救了。”

在康斯坦斯湖（当地人叫“博登湖”）上的这次航行，是在德国举行的第61届诺贝尔奖得主年会最后一天的活动内容。在此前的一周里，共有23位诺贝尔奖得主来到这座海滨度假小镇，向世界各地约600位年轻科学家发表演讲、提供建议。把诺贝尔奖得主薛定谔的那只或许已经死掉的猫在这里甩上一星期，不砸到个把诺贝尔奖得主才怪呢。

能在会上看到一沓沓科学伟人的简历的确令人肃然，但令我印象最深的还是他们的面孔。首先要说明，要见这些科学大家一面并不难，会议中心附近的一个圆形交叉路口处就挂着他们3米见方的头像。可是等到面对面交谈时，那一张张会动的脸还是让我深受触动。

以2007年生理学或医学奖得主奥利弗·史密西斯（Oliver Smithies）为例：史密西斯的成就是发明了定向敲除小鼠基因的技术，有了这项技术，研究人员几乎能敲除哺乳动物的任何一个基因，从而有针对性地研究它们的功能。史密西斯还在闲暇时间发明了凝胶电泳，这是现在的分子生物学家经常使用的分析工具。史密西斯是一位堪称“魔法师”的牛人，看上去也真像个和蔼版的哈利·波特（他在船的顶层眨巴眼睛，下楼后又总是挂着精怪的微笑）。史密西斯向大伙展示了他当年草草制成的聚合酶链反应（PCR）仪的照片，而几年之后，这种仪器才在亚马逊网站有售（我顺便查了查，一台新的PCR仪在网上要卖到7,250美元）。而史密西斯的那台PCR仪看上去就像是按照魔方设计出来的，上面还贴着“NBGBOKFO”的标签。他解释说，那些字母的意思是“不算太好，但奥利弗觉得够用了（no bloody good but OK for Oliver）”。

托马斯·施泰茨（Thomas Steitz）留着老派新英格兰水手式的络腮胡，唇上无毛，看起来像是要去指挥捕鲸船。不过仔细一看，才发觉他顶多只能指挥观鲸船，因为这位耶鲁大学（Yale University）科学家的那副21世纪纽黑文面孔（耶鲁大学本部就位于纽黑文），到底缺少了19世纪新贝德福德的那种坚毅（19世纪中叶到20世纪初，新贝德福德的捕鲸业盛极一时）。施泰茨因为对核糖体三维结构和详尽功能的简练阐述而获得了2009年的诺贝尔化学奖。核糖体是一种细胞器，根据基因编码的指令合成蛋白质。

施泰茨的妻子琼（Joan）也是一位著名的分子生物学家。他们的儿子乔恩（Jon）曾是耶鲁大学棒球队一位不错的投手，他在2001年的第三轮选秀中被密瓦基酿酒师队相中。施泰茨向我透露了棒球界的一点小小内幕："乔恩和酿酒师队的签约金比我拿到的诺贝尔奖金还多。"

大会上最年长的面孔属于93岁的克里斯蒂安·德杜夫（Christian de Duve），他的面孔看上去和现在长篇动画里那些智慧又慈爱的陆龟非常相像。在今天的生物学界，细胞内部的大致结构已经非常清楚，大多数在世的诺贝尔奖得主（比如施泰茨）都已经在分子层面上开展研究了。而1974年德杜夫获得的诺贝尔奖是对他60年前工作的致敬，当时的他发现了两种前所未知的细胞器：溶酶体和过氧化物酶体。如果他真是陆龟，他就是那些迎接过达尔文，又茁壮成长到21世纪的加拉帕戈斯陆龟。当会场的投影仪在他的演讲过程中罢工时，德杜夫镇定地告诉手忙脚乱的视听设备技术员："不用担心，我知道上面都写了什么。"天才就是如此。（翻译　红猪）





两次天文航海

> 本文作者发现了自己和一位18世纪天文学大家之间的相似之处。

2012年金星凌日，我在兴奋之余，不由得捧起了《世界发现太阳的那天》（*The Day the World Discovered the Sun*），这是一本描述18世纪60年代，科学界历经艰辛观测两次金星凌日的书。

在阅读此书之前，我从来就没想过自己会和18世纪的法国天文学家让–巴蒂斯特·夏普·奥特莱奇（Jean-Baptiste Chappe d'Auteroche）有这么多共同点。唔，至少在一件大事上，我们是有共同点的。1769年，他乘船前往下加利福尼亚半岛和墨西哥大陆之间的加利福尼亚湾，去那里观测金星凌日。那次观测收集到的数据，加上在不同纬度观测的其他人

收集到的数据，能帮助天文学家计算出地球到金星，以及地球到太阳之间的距离。而1991年，我也乘船到了那个地方，那片狭长的水域即将上演又一场天文奇观：一次日全食。

我们这就来比较一下这两次航行吧。

1768年9月，夏普坐船从法国驶向西班牙，他先在那里装上所需的设备，然后到目的地墨西哥圣卢卡斯角建立观测站。在接下来的两个世纪，圣卢卡斯角不再有人造访。1991年7月4日，我离开纽约市，和一群喜好天文的朋友一起坐上了前往洛杉矶的火车，我们计划在自己所在的卧铺车厢里一路欣赏美景，我还带了两件夏威夷衬衫。

夏普花了3个礼拜的时间才到达西班牙的加的斯。我和朋友在离开纽约20小时后就到达了芝加哥，我们在那里被迫转车，还忍受了6个小时的滞留。所幸密歇根湖畔正在举行一场食品博览会。

1768年12月，夏普开始了长达77天的横跨大西洋航行，乘坐的是一艘被他称为“我们的小果壳”的船。1991年7月5日，我和友人坐上双层火车，离开芝加哥前往洛杉矶。

1769年3月6日，夏普的船在墨西哥的维拉克鲁斯附近下锚，夏普在那里停留了两天，直到当地官员派了一艘小艇接他上岸。后来的一场飓风，几乎摧毁了他的船和船上所有的天文设备。而我们那队人马，在离开芝加哥后的第三天便驶进洛杉矶，一路上在观景车厢中饱览了科罗拉多河的美丽风光。下车后，我们直奔一家不错的旅馆。

1769年3月中旬，夏普开始陆地旅行，目的地是墨西哥毗邻太平洋的那侧，他于4月15日才到达。1991年7月7日，我和我的伙计们找了家像样的墨西哥餐厅吃晚饭。

1769年4月19日，夏普乘上一条名叫拉康塞普西翁号（*La Concepcíon*）的小船。洋流和海风都不帮忙，他和他的船员在海上漂流了一个月，才抵达下加利福尼亚半岛。1991年7月8日，我和朋友在洛杉矶港登上维京旋律号（*Viking Serenade*）。这艘船造于1982年，原本是世界上最大的渡轮，后经改造成为一艘豪华游轮。船上的乘客还包括曾经行走月球的宇航员哈里森·施密特（Harrison Schmitt），以及天文学爱好者约翰·阿斯廷［John Astin，就是在电视剧《亚当斯一家》（*The Addams Family*）中扮演戈麦斯·亚当斯（Gomez Addams）的那位］。我们几个在没有窗户的船舱里挨了几天苦日子。

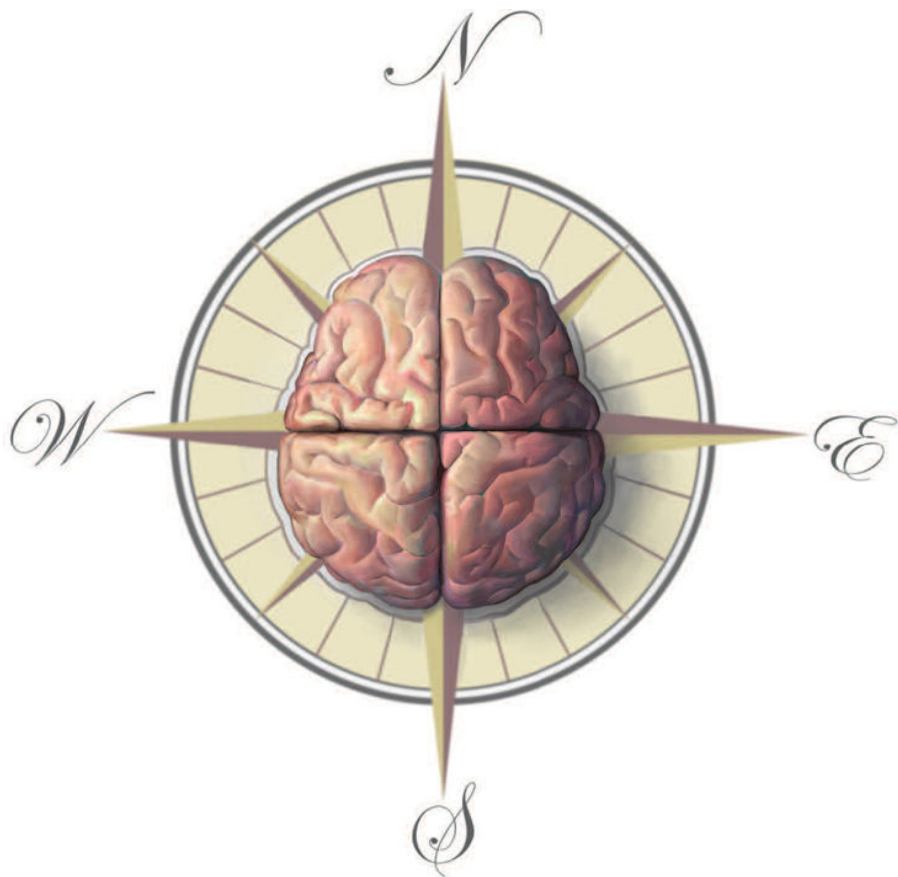
1769年5月底，经过一个半星期的劳动，夏普和他的船员在墨西哥

的海角圣何塞建起了自己的观测站。经过3天的航行，我们的游轮沿着下加利福尼亚半岛驶入了加利福尼亚湾，途中我和我的船友参加了几个天文学讲座，在湛蓝的天空下爬上顶层甲板打了几局乒乓球，自助餐从凌晨吃到半夜。

1769年6月3日，夏普交上了好运（或许是这次旅行中唯一的一次好运），天空放晴，他完成了对金星凌日的观测，得到的数据将帮助科学家计算出太阳系的大小。1991年7月11日，我们的日食观测因为阴天而面临威胁。但利用卫星气象云图，船长将船快速航行到了一处没有云层遮挡的海面，我们在那里一共观测了6分53秒，比理论上的最长观测时间只短了38秒！真酷！

那次金星凌日之后，夏普和他的许多船员都感染了流行性斑疹伤寒。那次日食之后，我和朋友们坐船返回洛杉矶，海上的风浪让我稍微有点晕船。

1769年8月1日，夏普与世长辞，他最后说的话是："我已完成任务，我死而无憾。"1991年7月14日，我和朋友们回到洛杉矶，前往火车站。面对为期3天的铁路旅行，我们最后说的是："我们或许该坐飞机。"（翻译　红猪）



宅人的旅行

巨人肩膀上的观光之旅。

从1831年至1836年绕着地球闲逛了5年之后，达尔文在英国肯特郡的居所（Down House）定居下来。在接下来的40余年中，除了偶尔去趟伦敦并当天返回以外，他几乎从未离开过所居住的社区。2009年夏天，我在伦敦开了3天会，会后到道恩一日游，参观了已经成为小型博物馆的达尔文故居。当时我并不知道自己正在游览《极客地图：科技诞生的128个地点》（*The Geek Atlas: 128 Places Where Science and Technology Come Alive*）中编号为043的景点。

这本书的作者是拥有计算机安全博士学位的约翰·格雷厄姆-卡明

（John Graham-Cumming），他在书中自称“浪游程序员”。（这或许可以解释他为何要在地点编号中加入“0”以凑成三位数，选择18处地点就更加显而易见了，哪个程序员能抵抗得住2的N次方的诱惑？）格雷厄姆-卡明曾为*Linux*杂志撰稿，以此确立了他的极客（geek）身份，他还凭借2008年发表的一本GNU Make软件编程指南成为了一位超级极客。是的，他就是《GNU Make揭秘》（*GNU Make Unleashed*）一书的作者格雷厄姆-卡明！用他自己的话说，这本书“只要有100名读者，目标市场就饱和了”。

新书书名中的“诞生”二字或许有些言过其实。拿编号059的苏格兰国家博物馆（National Museum of Scotland）来说，它是“第一个从成体细胞中克隆出的动物——多莉羊——的最后安息之处”。事实上，多莉不仅是第一个克隆动物，还是第一个被剥制成标本的克隆动物。奇怪的是，第一个克隆的标本动物（用剥制动物标本的细胞克隆出的全新物种）还尚未出现。罗伊·罗杰斯（Roy Rogers）的座驾“扳机”（Trigger）[1]还在那里等着延续生命呢。（严格地说，扳机属于姿态标本，不是剥制标本。）

有魄力的研究人员可以尝试从现在的多莉身上再克隆出一只羊，这样就能创造出剥制动物标本的克隆体以及剥制动物标本克隆体的克隆体了。

编号029的埃舍尔博物馆（Escher Museum）位于荷兰海牙。收藏了埃舍尔（M. C. Escher）[2]创作的大量奇形怪状的视错觉画作。据说，如果有谁能直立着爬完正面的台阶就可免费参观。

编号069是棵苹果树，号称是砸出牛顿“万有引力”学说的那棵树的后代，位于牛顿在剑桥大学（University of Cambridge）时的宿舍外面。参观这棵树时还能顺便拜访一下教职员工霍金（Stephen Hawking），一个光靠英国社保体制（如果他是英国人的话）根本活不下去的人，这是《投资者商务日报》（*Investor's Business Daily*）那些天才们在社论中写的。霍金曾发表过一则声明，宣称自己事实上是英国人，尽管他的语音合成器听起来完全没有本尼·希尔（Benny Hill）[3]的韵味。

地处美国马里兰州的盖瑟斯堡国际纬度观测站（Gaithersburg International Latitude Observatory）荣登编号099。这座地标性建筑曾一度用来追踪地球如何围绕地轴左右摇摆，而纬度又如何根据星星的位

置不断变化。盖瑟斯堡地处北纬39度8分，这一纬度上一共有6个观测站。不过今天，它只是一座白色小屋而已，而且长年关闭，只有在“盖瑟斯堡市组织特别活动”期间才会开放。尽管如此，各位还是可以将观测站列入马里兰一日游的三处景点之一［另外两处是美国国家电子博物馆（National Electronics Museum，编号100）和美国国家密码学博物馆（National Cryptological Museum，编号101）］。但愿你能找到下面这个地址！鉴于格雷厄姆－卡明在安全领域进行过研究，位于纽约时代广场附近、编号113的约翰·莫斯曼锁具博物馆（John M. Mossman Lock Collection）自然会引起他的兴趣。（那些喜欢卖弄的盗贼怎么就没有想过光顾此地呢？）馆内展出了“370多把银行和金库的锁”，其中还包括可能曾将木乃伊固定在绷带中的古埃及木栓锁。

书中对各景点的科学背景作了详尽解释，这样一来，即便是坐在扶手椅中的“旅行家”也能享受一段虚拟的旅程。不过有的旅行还是虚拟的好。以切尔诺贝利隔离区（编号080）为例，在这片由史上最严重的核反应堆事故造就的无人区里，根本找不到上好的旅馆。

格雷厄姆－卡明应该考虑再为书呆子们写一本景点指南。因为我们当中很多人放了假只会呆在家中反复挤压已经疲惫不堪的沙发弹簧，根本不会出门度假。（翻译　红猪）

注释

1．罗伊·罗杰斯，美国歌手兼西部片演员，常骑着名为“扳机”的骏马出镜，“扳机”死后被制成标本。

2．埃舍尔，荷兰画家，擅长在作品中营造视错觉。

3．本尼·希尔，已故著名英国喜剧演员。



断层有罪　断案无理

根基不稳，摇摇欲坠。

有句俗话叫“左也不是，右也不是”。我们接着要说的两种情况，则是“说也不是，不说也不是”。

先来看看“说也不是”。2010年4月4日下午3点40分，一场里氏7.2级地震袭击了墨西哥的下加利福尼亚州，震波向北传了很远。16分钟之后，新时代运动（New Age Movement）的大师迪帕克·乔普拉（Deepak Chopra）在推特（Twitter）上发了条消息：“刚才冥想得太用力了，以致在南加州（墨西哥下加利福尼亚州以北）引发了一场地震。”

过了3分钟，乔普拉又补充了一句：“正在冥想时，大地就开震了。

见谅见谅。”很不幸，至少有一人在地震中死亡。好在乔普拉不用负责——虽然谁都知道在法庭上辩称“不懂法律”不能为自己脱罪，不过“不懂自然规律”倒是个不错的借口；有了这块免罪金牌，哪怕他当众认罪都不会有事。

又发了几条推特消息之后，到4月7日，乔普拉改口否认自己对地震负有责任，说前面那些话都是“不恰当的玩笑”。要是他那位迷恋豪华车的导师玛哈礼师·马赫什·优济（Maharishi Mahesh Yogi）大师尚在人世，我们倒是能请教一下他的劳斯莱斯汽车有没有被震得叮当响。（我也是在开不恰当的玩笑呢，多谢捧场。）

就在这时，意大利科学家落入了“不说也不是”的悲惨境地。一群货真价实的地震学家、火山学家、物理学家和工程师成了众矢之的，受到要被控以杀人罪的威胁，因为他们没能准确预报出2009年4月6日的一场地震。这场里氏6.3级的地震发生在拉奎拉，造成300多人死亡，还有1,600名当地居民受伤。尽管就目前的科学技术水平而言，能算出地震发生的大致概率已经很不错了，要再精确是不可能的，就连“最最先进”的冥想术都办不到，可这些科学家还是发现自己被告上了法庭。

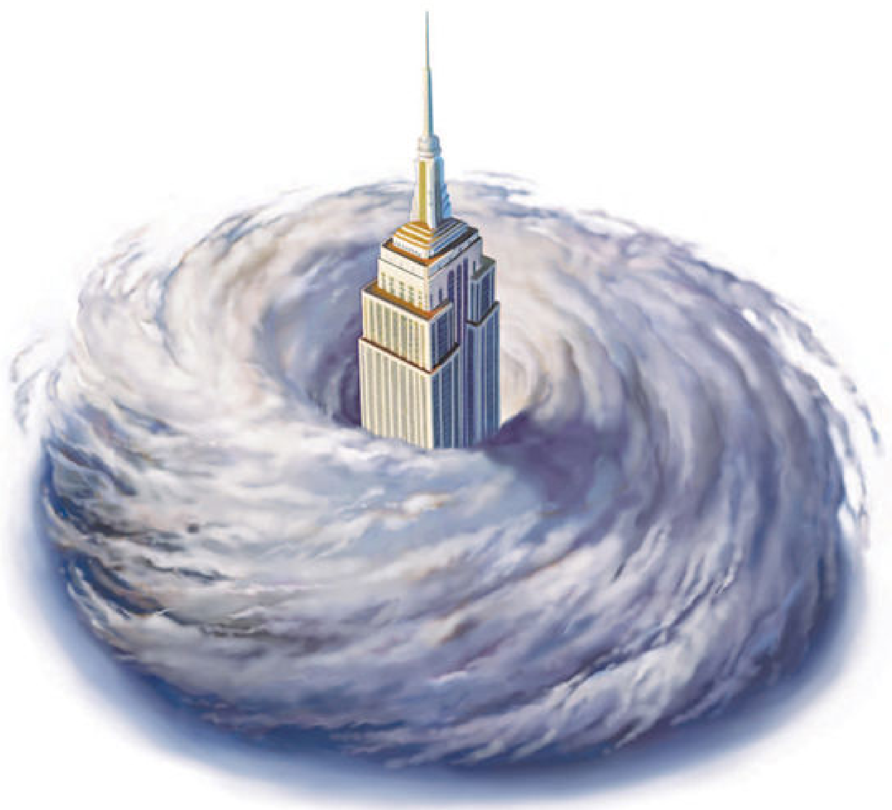
受到指控的科学家都是“严重危险委员会”（Major Risks Committee）的成员，该委员会为意大利的民防总局（Civil Protection Agency）充当顾问。结果，严重危险的第一条就是加入了“严重危险委员会”。

2009年3月下旬，意大利发生过几次地震。委员会当时就召开了会议。一位政府官员在会后告诉媒体：“科学界说不存在大震危险，因为地下的能量在不断释放。”所谓能量释放，指的显然就是3月的几次地震。可惜他错了，这番保证就像在说：在屋顶上拆圣诞彩灯时打打滑有好处，多打几次滑，就不会一下子掉到地上了。（多看两部搞笑电影就会知道这是错的，这些影片告诉我们：只要几次小小的改变，就能让屋顶势能转化为地面势能。）这位官员接着预测，“形势看上去还是乐观的”。说得这么肯定，大概是此前刚玩过魔力8号球（Magic 8-Ball，一种占卜玩具，形似巨大的撞球，内盛液体，液体中漂着相当于骰子的20面体）。

而据《科学美国人》（*Scientific American*）的姊妹刊《自然》（*Nature*）杂志报道，与会科学家可要比那位官员慎重得多。他们的原话大概是这样的：“在这个地区发生大震的可能性不大，但也不能排

除”，因为“拉奎拉位于高危地带，不可能给出大型地震不会发生的断言”。他们还建议应该逐一排查建筑物，评估它们的结构完整性，可见他们甚至正确指出了地震中最危险的一环，即一遇到肺活量够大的大灰狼就会被吹倒的脆弱茅屋，才是小猪被大灰狼抓走的真正原因。

事发之后，全球各地约4,000名科学家联名上书意大利总统，恳请停止滥抓无辜。他们还呼吁把现有的资源用在“防震和减灾”上，不要“因为科学家没有做他们无能为力的事就提起诉讼”，因为“地震是不可预测的”。（更何况还有人为发动的情况。）英国牛津大学（University of Oxford）地球科学家巴里·帕森斯（Barry Parsons）也在联名书上签了名，他对《自然》杂志说：“总有人问科学家：‘下次地震什么时候发生？’但这么问是错的。正确的问法是：‘地震来的时候，怎么才能不死这么多人？’”对于这件事，检察官应该先问问科学家的意见。别再用法律裁决科学的对错了，这只能让人笑掉大牙，每次都是。（翻译　红猪）



摸到天的摩天楼

城市粗线条，龙卷风改道。

我最喜欢纽约的一点是，它几乎完全没有地震和飓风。虽然对这座城市的介绍大多不会以“无自然灾害”开头，不过话说回来，我喜欢意大利面也是因为它“无骨”。当然了，纽约这地方，小地震还是有的，但它们早就淹没在地铁、卡车和几条街外车载低音炮的轰鸣之中了。飓风嘛，自打我出生起就没在纽约见过一次像样的，不过1991年10月的那次“完美风暴”还是相当可观的，因为风暴带来了瓢泼大雨，纽约、新泽西和康涅狄格三州交界处的棒状物体，无论是地上躺的还是天上飞的，全都成了用于寻找水源的最靠谱占卜棒。

记录显示，纽约地区每75年就会遭遇一次大型飓风。也就是说，运

气好的话，我还能见着一次；运气更好的话，一次都见不着。实际上，见到飓风的概率可能比我想象的要高，因为据说根据一些计算机模拟，这座因为没有飓风而讨我喜欢的城市以及海岸线上的任何一座其他城市，都可能吸引超级飓风光顾。

原来，城市都是粗糙的。当然，细腻之处也不是没有，但这里说的“粗糙”指的是城市的几何形态。相比之下，农田就是平滑的。森林也有些粗糙，因为枝枝杈杈着实不少，但还是比不上城市。在大城市里，就算被核爆炸唤醒的史前巨蜥披着燃烧的毯子漫步街头，你也不会觉得它格格不入。

下面就说说粗糙的都市是怎么招来飓风的。飓风在挑选着陆地点时，头部会在凹凸不平的城市遇到更大的摩擦力，从而放慢速度（在湿度等其他因素相同的情况下）。而这时，它的尾部还没得到减速的消息，于是，空气就堆积了起来。

受到挤压的空气开始上升，将水蒸气浓缩，并释放热量。这个过程会使能量注入附近的空气，使之加速移动，让风暴的其他部分也朝这个方向移动。

香港城市大学的陈仲良（Johnny Chan）和欧阳绮雯（Andie Au-Yeung）就此写了篇论文，发表在《地球物理学研究杂志·大气》（*Journal of Geophysical Research: Atmospheres*）上：“较高的粗糙度导致更强的聚合效应，从而增加垂直气流，并使粗糙区域更易出现涡流。因此，热带气旋倾向于朝更粗糙的区域移动。”也就是说，较易朝我家移动。当然了，遭殃的不止我家。不过约瑟夫·海勒（Joseph Heller）的小说《第二十二条军规》（*Catch-22*）里的主人公约塞连（Yossarian）说得好：当时他正抱怨敌人想杀死他，战友纠正说敌人想把他们都杀了，约塞连反问：“这有什么区别吗？”

还有一样东西喜欢呆在城市，不喜欢城市周边的乡村，那就是热量。大名鼎鼎的“热岛效应”让越来越多的人心头起火，因为一是城市居民越来越多，大家窝着火比邻而居；二是天气真的很热，热得连食物都变形了。据推测，德国的炸薯条将缩短1英寸（1英寸约为2.54厘米），因为天气一热，马铃薯长不到原来那么大了。与之相反的是越长越高、快要碰到屋顶的冰沙。

说到屋顶嘛，其实是可以用来给城市降温的。《物理世界》（*Physics World*）上就有篇文章这么写。文中引用了美国劳伦斯伯克利

国家实验室热岛效应研究小组的一项研究。该小组以洛杉矶为研究对象，模拟了洛杉矶的建筑表面和路面反照率（物体表面反射的光线和接收的光线之比）提高30%的结果。研究显示，提高反照率能使城市降温2℃。在纽约，2℃的差别就能让躲在室内吹空调的人走到户外。到了外面，我们就能心平气和地与邻居解决问题，并将飓风拒之门外了。（翻译　红猪）



昨天的预言实现了吗？

1900年，人们对21世纪充满幻想。站在新世纪之初，回首过去的预言，有几多已成真？

众所周知，预测，特别是对未来的预测，总是充满风险。当“未来”成为“过去”，再回顾昨天的预测，就像是打开一件没有包装的礼物，虽无悬念，却仍令人兴奋。一次，一位朋友寄给我一篇登在《妇女家庭杂志》（*Ladies' Home Journal*）1900年12月刊上的文章。文中，小约翰·艾尔弗雷兹·沃特金斯（John Elfreth Watkins, Jr.）列举了一系列对2000年的预言。而今，2000年已成过去，沃特金斯也已作古，且让我们选几条预言一读。

“美国人口将增至3.5亿～5亿。”这比2008年3.04亿的美国人口略高。1900年，美国人口仅有760万，能有这样的估算已经很不错。沃特金斯还预言，巴拿马运河竣工后，尼加拉瓜和墨西哥会试图加入美利坚合众国。这就差了十万八千里。倘若墨西哥加入美国，美国南面的国境线就会从2,000英里（约合3,219千米）锐减到400英里（约合644千米），只消把与墨西哥接壤的危地马拉和伯利兹挡在门外便万事大吉。

这简直就是“天方夜谭”。

“字母表中将找不到C、X和Q。这些字母因为多余，而不再使用。”这显然是不切实际的猜想。

“蚊子、家蝇和蟑螂几乎绝迹。”除非“几乎绝迹”的意思是抡起鞋底砸虫子，否则这一条就太离谱了。

“大大小小的老鼠将被消灭。”几周前，一只顽皮的“米老鼠”还在我的水槽里跳来跳去，我都没狠心下毒手（当然，也没让它搬进来白住）。如果在纽约等地铁等得很无聊，你还能跟别人比赛“铁轨上找老鼠”来打发时间（通常10秒之内，就会有人胜出）。

“做熟的饭菜会在类似面包店的地方出售。”这倒没错。“现成的冷、热食品会由气动管或机动货车送到顾客家里。”这就有点问题了——机动货车送来的“食物”统统是冷的。“吃完之后，用过的餐盘会打包送回烹饪机构清洗。”这可真是单身汉的梦想，可叹的是美梦并未成真。幸好，1904年，一位天才发明了纸质餐碟。

“大城市的有轨电车将不复存在。”说了个八九不离十，但旧金山电车和波士顿绿线列车例外。不过，所有等过绿线列车的人大概都认为，有轨电车当真已经不复存在。“一旦进入城区，高速车流便会降入地底或升上高空。在多数城市，车辆只限于在主要的地道或隧道内行驶，那里光线充足、通风良好。”完全同意，里面的照明和通风好到可以玩“铁轨上找老鼠”。“那时，城市将没有噪声。”说到噪声，不得不提及人们当时未能预见到的新发明——配备了超重低音的汽车音响系统，以及冲着电话大喊大叫的“手机大军”。这些可为“减少噪声”帮了大忙。

“从郊外的住所前往办公室只需几分钟，票价才1分钱。”实际上，我从布朗克斯到达曼哈顿中城要花1小时，12英里（约合19.3千米）的车程得支付2元钱。所谓的“快速交通”更像是热烈的祈求，而非真实的描述。

“坐汽车会比骑马更便宜。”说对了大半，但是自从周日“梦想欢腾”（Frolic N My Dreams，一匹马的名字）在水道赛马场的第六场比赛中垫底，这匹马在我眼中就变得一文不值。

“到英格兰只要两天。”时间足够：6小时飞行，2小时前往机场，外加2小时安检，航班延误再耗上几小时。如果下雪，那就另当别论，谁都猜不准多长时间能到。可惜水道赛马场上没出这种事，总会有人猜中头奖。

“借助新技术，费城会长出橙子。”这就错啦。但也说不准全球变暖，有一天这戏言就成了真。

“将来，每个人都能步行10英里（约合16千米）。”早晚的事。（翻译　红猪）



未来就在眼前

> **赫伯特·胡佛（Herbert Hoover）出任美国总统时，几位大思想家就想到了今天……**

库存不足的干果商人常会吆喝一句：“大枣子很久没来了！”我们今天也要学着吆喝一句：“大日子很久没来了！”乔治·奥威尔（George Orwell）的《1984》来了又去；我们在狂欢中送走了1999；《2001》的不祥石碑最终化作意识形态的血战，作为它续集的《2010》已经过去，行星之间也没出什么大事；“柴格与伊凡斯”（Zager and Evans）的预言则要等500年后才能见分晓——如果我们能活那么久的话。[1]

就这样，我们来到了2011年，一个看起来乏善可陈的小年份，唯一

的亮点是《纽约时报》（*The New York Times*）刊登了1931年时人们对2011年的预测。当年正值《纽约时报》80大寿，编辑们觉得应该找几个睿智的人物展望未来，说说另一个80年之后，世界会变成什么样子。如果你计算无误，而且没有像格里高利那样调整历法[2]，你就能算出，他们展望的正是2011年。

［我得感谢加利文（Gallivan）、怀特（White）和博伊德（Boyd）的律师事务所和他们的博客“非正常使用：不理性的危险产品责任”（Abnormal Use: An Unreasonably Dangerous Products Liability），是他们让我注意到了这段80年前的历史：你还在为大规模侵权犯愁吗？你还在为巨额损失担忧吗？请致电加利文、怀特和博伊德律师事务所。当然，请勿在雷暴时、驾车时致电，听筒和头部也请保持一定距离。］

《纽约时报》找来了亨利·福特（Henry Ford），他们大概是觉得这个人既然说过“历史多少是捏造的”，那么在预测未来时想必会宽大一点。福特写道：“预言80年后的未来是一项有趣的活动……但最能感受到乐趣的应该还是80年后的人吧，因为他们能够用已经发生的事件来衡量我们的估计。”真让他说对了。

《纽约时报》还刊登了两位大物理学家的思考结果，他们是阿瑟·康普顿（Arthur H. Compton）和罗伯特·密立根（Robert A. Millikan）。康普顿是1927年的诺贝尔奖得主，获奖原因是发现了“康普顿散射”，“康普顿散射”通常指X射线和γ射线中的光子在和物质碰撞后波长变长的现象，也可以指加利福尼亚州康普顿市的政客在反贪调查员驾到时的表现。

康普顿是这么写的：“书面和口头的通信手段，还有电视机，都将比今天更为普及，于是整个地球将会变成一个巨大的地球村。”大师没有预见到的是，整个地球村的居民都会目瞪口呆地观看各种由二流歌手、三流舞者、四百磅（约为181千克）减肥者参加的比赛。好在大众通信系统也演化出了一套避世机制，那就是一遍遍观看轰动的“神奇草原犬鼠”（dramatic prairie dog）视频［观众常在分类上犯错，把它说成是“神奇花栗鼠”（dramatic chipmunk）］[3]。

密立根是1923年的诺贝尔物理学奖得主，因为油滴实验声名远扬，他就是用这个巧妙的实验测出了电子电荷（charge of the electron）。［可别跟阿尔弗雷德·丁尼生（Alfred Tennyson）[4]的《轻骑旅的冲锋》

（*The Charge of the Light Brigade*）混为一谈啊。]

密立根写道："用储存在自然中的太阳能替代肌肉能，这是改变人类活动方式和生存境况的主要原因，在过去的80年中，人类已经学会了替代的方法，未来不必再学了。"密立根所说的"储存在自然中的太阳能"，想必就是指化石燃料，现在只需一罐这种燃料换来的现金，就足够在1931年支付一辆福特A型车的订金了。化石燃料是陈化、软化的有机体，它们在很久很久之前将阳光转化成了能量，要不就是吃下了将阳光转化成能量的其他有机体。总而言之，所谓"用储存在自然中的太阳能替代肌肉能"，就是指我们可以开车上山，而不必走路上山。或者换个国会议员们都能明白的说法，就是我们可以开车上山，而不必让人用滑竿抬我们上山。

而密立根没有预见到一个迫切的需要，那就是学会快速有效地储存太阳能。当数千万辆化石燃料驱动的汽车驶上公路，它们排出的尾气会遮蔽山顶，还会让气温变得很高。（翻译　红猪）

注释

1．乔治·奥威尔在1948年出版小说《1984》，预言1984年的极权世界；1999年传说是世界毁灭的年份；《2001》是阿瑟·查尔斯·克拉克（Arthur Charles Clarke）的科幻小说，小说中虚构了推动人类进化的神秘石碑，结果2001年却发生了"9·11"事件；克拉克后来又撰写了续集《2010》；"柴格与伊凡斯"为20世纪60年代美国摇滚乐队，走红单曲《In the Year 2525》预言了在2525年及以后的人类历史。

2．教皇格里高利十三世曾在公元1582年调整历法，将旧历消去10天，形成新历，也就是今天通行的公历。

3．"神奇草原犬鼠"视频，这里是指流行于视频网站YouTube的一段搞笑视频，主角是一只突然扭头望着镜头的草原犬鼠。

4．丁尼生，19世纪英国诗人。



末日之后　疯狂依旧

世界终将毁灭，但那是在很久、很久以后。

恭喜各位！你们逃过了玛雅人预言的劫难。我早就看好你们的。

在2012年12月21日之前，我就确信自己活得过这个传说中的行星保质期，只要我不被巴士撞、不在浴缸里滑倒就行。不过话说回来，和这些死法相比，某些业余考古学家狂想出来的“世界末日之类的东西”要带劲多了，所以才会有这么多人，也许从来不担心自己有未被诊断出来的高血压，不担心每天经过的公路桥没有被好好养护，却专门担心世界毁灭的事。

前阵子世界末日的傻话满天飞，听信的人也太多，乃至政府机关要特地辟谣，为一小部分公职人员送去安慰。

据《纽约时报》（*The New York Times*）报道，俄罗斯紧急情况部

的部长就曾对自己的手下拍胸脯保证，说本国的地球监测技术（是指卫星和地震仪吗？）显示，地球并没有到存亡关头。不过他还加了一句大实话，说他们国家仍处在“暴风雪、冰风暴、龙卷风、洪水、交通瘫痪、食品短缺、供暖故障、停水停电”等的威胁之下。

为遏制这股疯狂劲头，美国政府也特地发了一篇博文，正告国民，世界将照常营业。博文引用美国国家航空航天局（NASA）的科学家戴维·莫里森（David Morrison）的话：“我每周至少接到一位年轻人的来信，他们才11岁光景，却因为即将到来的世界末日而抱病或者要寻短见。”小孩子可是真的会被父母和其他长辈的胡话给吓坏的，而那些大人对世界末日一本正经，对自己在退休之后如何维持生计的问题却从不考虑。

顺便说一下，那篇政府博文还写道：“世界不会在2012年的12月21日或2012年的任何一天毁灭。”也就是说我们肯定能活过2012年。

同时，澳大利亚时任总理茱莉亚·吉拉德（Julia Gillard）用行动证明，她已经是世界舞台上不可忽视的一个角色了。她在一段视频中板着面孔说了一段笑话，其演技堪比美国冷面笑星巴斯特·基顿（Buster Keaton），甚至影星妮可·基德曼（Nicole Kidman），她说：“我亲爱的澳大利亚同胞们，末日就要来了。这次来的不是千年虫，甚至不是碳价格。玛雅日历的事，看来是真的……究竟那毁灭的一击是来自吃人肉的僵尸、狰狞的地狱魔兽，还是韩流（或者说韩国流行音乐）的全面胜利，你们只要记住一点就行，那便是我会为你们抗争，直到最后。这至少也有一个好处，那就是我再也不用参加‘有问必答’（澳大利亚电视节目）了。祝各位好运。”

各位不妨稍微想象一下，假如有哪个美国总统斗胆在电视上开这么一个玩笑，这个国家各方面会有什么反应。最起码抢购面包、牛奶和电池是免不了的吧。

大多数人可能已经忘记了2011年那出激动人心的末日好戏，当时，电台传教士哈罗德·康平（Harold Camping）宣布2011年5月21日是“狂喜审判日”。我住在纽约，已经看惯了各种末日教派的代表，咳，不管哪天都有几个人戴着大都会队的帽子招摇过市。（大都会队是纽约的两支棒球队之一，连年战绩糟糕，却仍有球迷支持。）不过就算在纽约这样一座“堕落之都”，去年也还有几十个人举着“5·21审判日”的牌子在街上转悠，大多数还都是年轻姑娘。

当时，我一连几天都在中央车站到时代广场的那条漫长、低矮的地铁隧道里遇见这群姑娘。我自制力差，终于有一天忍不住对其中一个说："你们到了22号还会来的。"她听了之后的反应似乎是想要打我。不过我还是希望她2012年的圣诞节过得快乐，也希望她在2013年受到的生命威胁能轻一些。对各位也是一样。（翻译　红猪）

把死人交出来

看智人的一员如何描绘智人的末日。

此情景出现在书的结尾（剧透来了）。书是唐·德里罗（Don Delillo）写的《球门区》（*End Zone*），可能是有史以来最好的体育小说。（该书1972年就出版了，但我也不知道现在过没过剧透有效期。）

主角是大学橄榄球队的跑卫加里·哈克尼斯（Gary Harkness），他向队友说起自己的爱好："我喜欢在书里读到大量毁灭、灾难的情节，恐怖的疾病、市中心大火、庄稼枯萎、基因紊乱、气温大起大落、恐慌、抢劫、自杀、尸体烧焦、胳膊折断、死几百万人之类的。"

这位虚构的加里·哈克尼斯肯定喜欢新近出版的一本非虚构作品——弗雷德·古特尔（Fred Guterl）的《物种的命运》（*The Fate of the Species*），［剧透：古特尔是《科学美国人》（*Scientific American*）的执行主编，但我不是在拿他的身份说事］。他也肯定会激赏该书副书名（Why the Human Race May Cause Its Own Extinction, and How We Can Stop It）的前半部分——"为什么人类可能自我灭亡"，虽然后半部分多半不合他的胃口——"我们又该怎样避免"。

古特尔在书中照顾了哈克尼斯的所有兴趣，虽然对断胳膊什么的没有进行正面描写。他写道："我的目标，是描绘我们面临的真实危机。我不准备面面俱到，我会刻意忽略这些危机的光明面，专门讨论它们可能坏到什么地步。"坏到什么地步呢？坏透了。不是死几百万人的问题，而是死几十亿人，其中当然有你也有我，或许还要扯上我们的子女，这就要看是哪天算账了。

古特尔在书中带我们畅想了各种劫难，开篇就写病毒，特别是流感病毒。过去20年里，所有和我交谈过的传染病专家都害怕会出现一种杀伤力匹敌1918年那场可怕流感的新病毒。而在今天，我们还要面对一种额外的疾病威胁：某些疯子通过电台向数百万虔诚的听众布道，说政府采取的任何公共卫生行动都是掩盖邪恶政策的烟幕。

书中接着对其他几种可能摧毁文明的危机表达了敬意，包括气候变化、生态崩溃、生物恐怖活动，以及将人类视作病毒的人工智能网络等等。这几种灾难，随便哪种都能消灭全世界大量人口，接踵而来的社会瓦解又会使大量幸存者丧生。对了，上礼拜街上变压器短路，停了3小时电，我当时就想把装满巴赫（Bach）音乐的闪存埋进地里，留给遥远未来的外星人。

虽然在书中写了这么个阴沉沉的主题，但古特尔的展望却是乐观的。"我是比较偏向技术乐观主义的，"他写道，"我也认为乐观是我们最好的武器。"

但我就没他那么乐观了。

古特尔还写到小行星撞击地球、将人类一举全歼的场景。再来一颗

希克苏鲁伯（Chicxulub，位于墨西哥尤卡坦半岛的巨大陨石坑）规模的小行星，我们就全得葬身火海。前宇航员卢杰（Edward　Lu）曾建议在近金星轨道发射一架望远镜，那么只需几周时间，我们对哪些小行星可能威胁地球的认识就会加深一倍。一旦发现太空巨岩，理论上我们还可以设法改变它的轨道。

卢杰的这个“哨兵计划”需要筹得数亿美元资金才能启动。而我在2012年7月初曾经写到，美国国家冰球联盟的明尼苏达荒野队宣布，以总额2亿美元的高价签下了自由球员莱恩·苏特（Ryan　Suter）和扎克·帕里斯（Zach Parise）。了不得！

古特尔这本书的最后一章取名《巧思》（*Ingenuity*），他在其中写道：“我们到现在一直都侥幸不死，然而要继续生存，就一定得开动脑筋、想出好办法。”不过，再好的办法也不是万无一失的，就像古特尔所写的那样，总有些傻瓜会异想天开坏大事。我在多年前偶然见过这么一则引语：“如果全世界的海洋装满汽油，那么迟早会有个疯子点根火柴扔进去。”或许，那火柴已经点着了。（翻译　红猪）



简而言之

面向快速换台者的电影简介。

还记得1986年上映的《变蝇人》（*The Fly*）这部电影吗？一位爱幻想的研究人员想建造《星际迷航》（*Star Trek*）中的传送机[1]。然而，在传送机中，人和苍蝇意外混合在一起，产生了蝇人或人蝇——随便你怎么称呼这种生物。我倒是比较中意伟大的文森特·普莱斯（Vincent Price，美国演员，擅长塑造虚伪奸诈的反面人物，曾出演《恐怖蜡像馆》（*House of Wax*）和《变蝇人》等影片）1958年主演的那一版《变蝇人》，影片中，人的身体上长了颗“漂亮”的苍蝇脑袋，苍蝇的身躯上却顶着个小人头，不停地尖叫“救命”！　　1986年，杰夫·戈德布拉姆版

（Jeff　Goldblum）的《变蝇人》更加恐怖。毕竟，是杰夫·戈德布拉姆领衔主演嘛。在这一版电影中，苍蝇和人类的结合更为复杂，两者的脱氧核糖核酸（DNA）似乎都混合在一起了。当然喽，寄生在人类体表和体内的微生物细胞数量，是人体细胞的数十倍，它们的DNA似乎没有与戈德布拉姆的混为一体，大概是因为没人会去看名叫《大肠杆菌人》（*The E. Coli*，这是作者虚构的电影）的电影吧。

言归正传，前不久我正用遥控器快速换台时，电视里恰巧在播放1965年的《变蝇人诅咒》（*Curse of the Fly*）。这是苍蝇系列中不太有名的一部。［由布莱恩·唐莱维（Brian　Donlevy）主演。他在现实生活中恰好是小贝拉·卢戈西（Bela Lugosi, Jr.）的继父。这一家算是牛头对马嘴了："牛头"是指苍蝇；"马嘴"是指吸血蝙蝠。］我按下遥控器上的"资料"键，屏幕上出现的电影简介吸引了我："科学狂人用人体来实验分子破碎机，却处处碰壁。"

我突然意识到：科幻电影和奇幻电影都需要简明的剧情介绍，以供习惯于快速换台的人参考。以下列出几则参考概要。

《**2001**：太空漫游》（***2001: A Space Odyssey***）一块黑色石板和一台会唱歌的电脑让两位宇航员陷入困境。

《异形》（***Alien***）坏脾气猫咪乘坐太空船冒险。

《地球停转之日》（***The Day the Earth Stood Still***）流浪汉协助老汉，数学题迎刃而解。

《第三类接触》（***Close Encounters of the Third Kind***）穷困潦倒的外星人来地球寻求衣服、音乐、朋友，甚至健身器材。

《星河战队》（***Starship Troopers***）英勇的虫族力克极权入侵者。

《**E.T.**外星人》（***E. T. The Extra-Terrestrial***）外星人骑单车，玩"不给糖就捣蛋"的游戏。

《星际之门》（***Stargate***）板寸头库尔特·拉塞尔（Kurt Russell）智胜《哭泣游戏》（*The Crying Game*）中男扮女装的家伙。

《铁血战士》（***Predator***）加利福尼亚州和明尼苏达州未来的州长携手远足。[2]

《夺宝奇兵**4**：水晶骷髅之谜》（***Indiana Jones and the Kingdom of the Crystal Skull***）考古学教授寻找大学退休买断金和治疗风湿病的良医。

《星际迷航**4**：抢救未来》（***Star Trek IV: The Voyage Home***）柯

克（Kirk）、斯波克（Spock）和麦考伊（McCoy）回到20世纪末，在旧金山如鱼得水。

《机械怪兽》（***Robot Monster***）身披大猩猩装、头顶宇航头盔、配备兔耳天线的怪人，无缘由地上山和下山。

《钢铁侠》（***Iron Man***）军火制造商深陷麻烦，却获援手，脱身返乡。

《黑客帝国》（***The Matrix***）一个男人发现真我。

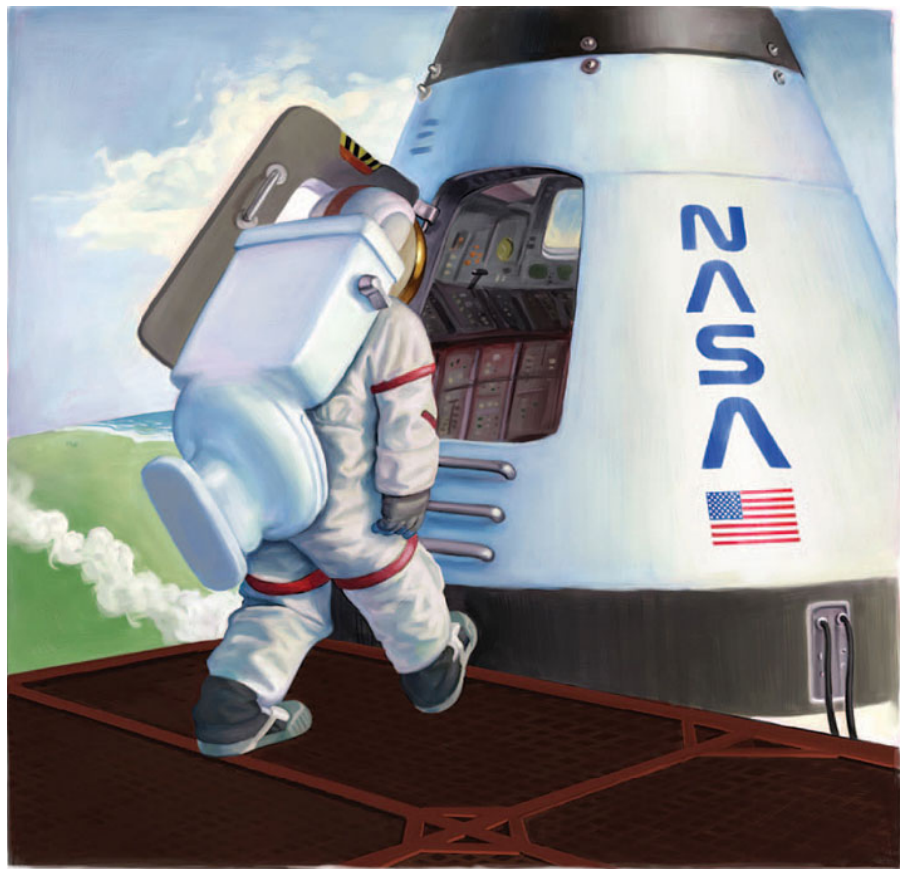
《星球大战》（***Star Wars***）一个少年发现真我。

《哈利·波特与魔法石》（***Harry Potter and the Sorcerer's Stone***）一个男孩发现真我。

《指环王：护戒使者》（***Lord of the Rings: The Fellowship of the Ring***）一个霍比特人发现真我。（翻译　红猪）

注释

1．《星际迷航》，美国热门科幻剧集，剧中人物经常乘坐传送机远程旅行。
2．1987年上映的《铁血战士》中的两位演员后来均成为了美国的州长。



哦　我们已经升空

他们摆脱了地球的羁绊，却要面对肮脏的现实。

就像《异形》（*Alien*）宣传片所讲的那样，在太空里惨叫，没人能听见。在《异形》系列和其他太空剧中，引发惨叫的一般都是恐惧、肢解，或者寄生在肠子里的怪兽幼体什么的。可在现实里，就算平凡无奇的生活琐事也能让宇航员失声惨叫。因为在太空中，人人都能闻到你放出的气体。

当一群人挤在狭小的空间中生活，空间就会发臭。畅销书作者玛丽·罗奇（Mary Roach）有一本书，名叫《打包去火星：太空生活背后的古怪科学》（*Packing for Mars: The Curious Science of Life in the Void*）。

书中罗列了太空旅行的种种不快，前言一开始就“封装”了这么个场景：“对火箭科学家来说，你就是个麻烦。你是他要处理的最烦人的一部‘机器’。”

我们人类可是很难对付的：要吃，要喝，吃饱喝足了，还会制造些乱糟糟、臭烘烘的产品。人类，是航天飞机需要带厕所的理由；而零重力下的人类，是那些厕所需要安装反光镜的理由。（这个详见罗奇的新书，或者花点时间想想无重排泄的各种场景。）

“水星计划”、“双子计划”和“阿波罗计划”的飞船都不带厕所——基本部件都用在对接和捕获上了，宇航员想如厕也没机会。加上洗澡的难度也大，飞船里很快就会弥漫起一股难闻的异味。试想如下情景：一辆小汽车里载着三个小男孩，都觉得“拉钩放屁”（pull my finger）[1]是个趣味盎然的游戏；再试想把车窗摇起，在车里呆上一个礼拜。

罗奇在一次访谈中回忆了访问阿波罗13号的英雄人物——宇航员詹姆斯·洛弗尔（James A. Lovell）的经历。她拐弯抹角地套洛弗尔的话：“飞船返回地球、潜水员游过来打开舱门时，迎接他们的是什么？”洛弗尔先是“嗨！那简直……”接着立即就恢复了翩翩君子的禀性，“……那和外头清新的海风可大不一样。”罗奇说：“可我分明记得他在别处说过，飞船当时闻起来像个移动公厕。”

在比较短途的飞行中，旅客干脆就把自己制造的东西丢到舱外了。有一个叫人摸不着头脑的术语专门描述这种行为——“倒尿”。说起来难以置信，但太空中的尿是很美的。“很多宇航员都在回忆录中提过这些速冻尿滴，说它们在日光下晶莹剔透、珠圆玉润，仿佛一阵银白色的暴风雪，”罗奇对我说，“有三位宇航员都提到过‘倒尿’是多么美丽。”

以后的载人火星任务，排泄物就得强制循环了。现在的国际空间站上就是这么做的：机器开动，处理开始，小便进去，小菜出来。罗奇在书中是这么描述的：“先处理其中的盐分，然后用活性炭封存带异味的有机分子，然后，尿液就成了一道滋味清爽、恢复元气的午餐饮品。我本想说‘无法抗拒’的，但想想不大合适，因为那些宇航员可抗拒了，死活不肯喝一口。”

然而无论如何，尿还不是最难忍的。在飞向火星的任务中，船长日志里会写到种种崭新的问题，呈现种种崭新的可能。罗奇在和我会面之前，曾在曼哈顿的一家书店里和读者谈到过这个问题：“碳水化合物能有效地阻挡辐射。所以，在飞往火星时，不妨在生活舱里多装些食物。另

外，在美国国家航空航天局（NASA），他们有一种能把粪便加工成瓦片的装置，就跟孩之宝的玩具烤箱差不多。从火星回来时，不妨在生活舱里铺上些这类瓦片。这样，你就能载着饭饭飞向火星，带着便便返回地球了。”好吧，除了“便便”什么的，其他都是她的原话。（翻译　红猪）

注释

1．拉钩放屁，叫别人拉自己手指，并在同时放屁，以示两者有因果关系的恶作剧。



北京市科委科普
专项资助

"十二五"国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列
专栏作家文集



《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编

对苹果设计说不

科学达人的技术笔记

任何设计理念都不能滥用，拟物主义也一样。一旦拟物设计妨害了软件的用户体验，就该有人站出来，对它说"不"。

——【美】戴维·波格（David Pogue）



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS



北京市科委科普
专项资助

"十二五"国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列
专栏作家文集



《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编

对苹果设计说不

科学达人的技术笔记



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS
北京 BEIJING

Copyright © Foreign Language Teaching and Research Press 2014

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of Foreign Language Teaching and Research Press.

本书版权由外语教学与研究出版社独家所有。如未获得该社书面同意，书中任何部分之文字及图片，不得用任何方式抄袭、节录、翻印或存储利用于任何数据库及检索系统等。

Published by Foreign Language Teaching and Research Press

No. 19 Xisanhuan Beilu

Beijing, China 100089

http://www.fltrp.com

图书在版编目（CIP）数据

对苹果设计说不 / 《环球科学》杂志社，外研社科学出版工作室编．—北京：外语教学与研究出版社，2014.5

（《科学美国人》精选系列．专栏作家文集）

ISBN 978-7-5135-4422-1

Ⅰ．①对…　Ⅱ．①环…②外…　Ⅲ．①科学技术－普及读物　Ⅳ．①N49

中国版本图书馆CIP数据核字（2014）第086884号

出版人　蔡剑峰
责任编辑　王帅帅
封面设计　覃一彪
出版发行　外语教学与研究出版社
社　　址　北京市西三环北路19号（100089）
网　　址　http://www.fltrp.com
版　　次　2014年5月第1版
书　　号　ISBN 978-7-5135-4422-1

凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部
举报电话：（010）88817519
电子邮箱：banquan@fltrp.com
法律顾问：立方律师事务所　刘旭东律师
　　　　　中咨律师事务所　殷　斌律师

目录
Contents

对机器说话
开放还是封闭？
有人格的电子设备
Siri，你不能再聪明点吗
“人肉”小偷侵犯隐私吗
高清显示屏的尴尬
充满变数的谷歌眼镜
机器识别的迷梦
手机代替记忆？
专心开车，发什么短信
积木式手机是幻想
科技公司，你还信吗
电子阅读器困难重重
密码无须处处有
电脑里的幽默精神
歇了吧，航空安检
有正版，傻子才去看盗版
让空调“上网”
用意识遥控电器
微视频的“微”魔力
把智能设备穿在身上
软件续租伤不起
群英云集　纽约生辉
未来是傻瓜的
科技产品的繁冗之痛
对苹果设计说不
作死的电子产品升级
科技信徒背后

消费电子废品
电子产品败笔何在
“大数据”需要“大理论”
“好莱坞”范儿的制造业
稀有元素决定未来
聪明电极，你敢用吗？
“人肉”时代
有人偷窥又何妨
见证永远
大众点评的威力
网络安全的噩梦
取缔验证码正当时
Wi-Fi惹烦忧
互联网是块单面镜
看不懂的用户条款
利益左右科学
高风险下的新药开发
阻击太空杀手
超级计算机与小制造商
知识是累赘
文化差异　科学动力
移动医疗来了
告别赢家通吃
地球工程保护北极海冰
受到挑战的美国专利制度
超越“上帝粒子”
科学与偏见
被选择性拒绝的科学
传授批判性思维
复活猛犸象是好事
让气候阴谋论远离课堂
美国教育失败？

《科学美国人》精选系列

专栏作家文集

丛书顾问

陈宗周

丛书主编

刘　芳　章思英

褚　波　刘晓楠

丛书编委（按姓氏笔画排序）

王帅帅　刘　明　何　铭

罗　绮　蔡　迪　廖红艳

序

科学文化传播的新起点

李大光
中国科学院大学教授

“《科学美国人》精选系列·专栏作家文集”由外语教学与研究出版社（以下简称外研社）编辑出版。它的出版对中国推广现代科学知识和科学思维方式具有重要意义。对于工作繁忙、学习紧张，没有时间阅读每期《环球科学》（《科学美国人》中文版）的人来说，购买这套书，在业余时间阅读，基本就可以了解这一世界著名科学杂志的精彩内容。

《科学美国人》是世界上历史最悠久、最著名的大众科学刊物之一。该刊物于1845年由画家、企业家和出版商鲁弗斯·波特（Rufus M. Porter，1792～1884）创办。在过去将近170年的时间里，《科学美国人》由1845年的发布美国专利局（现为美国专利商标局）新闻的4页周报，发展成内容广泛的关于科学知识和科学文化的著名刊物，销量占据全球大众科学杂志的半壁江山。

任何作品和出版物都与其产生的历史背景有密切关系。《科学美国人》产生于欧洲工业革命时期，那时也是欧洲工业革命和科学技术发现对美国产生重大影响的时期。欧洲的工业化和科学技术发明不仅仅传播到北美大陆，同时也引发了美国19世纪中叶到20世纪初的科学发明高潮。在美国实用主义哲学思想和美国首部专利法案通过并颁布的影响下，爱迪生等发明家不仅带动了美国科学技术的发展，同时也奠定了美国经济发展的基础，与此同时，还产生了美国的探险文化和对客观事实的好奇文化。在这个背景下，美国文化形成了偏重于科学文化的模式。诞生于此时的《科学美国人》具有鲜明的科学与工业色彩，饱含无穷的探索和想象空间，同时还有对科学价值和科学文化的深刻反思。该刊的理念和内容吸引了众多科学家和技术发明家，很多知名科学家，包括爱因斯坦等，都曾给该刊投稿。除科学家之外，还有很多科学哲学家和科学人文学者在此发表关于科学与宗教、科学与伦理以及科学与社会之间关系的思考文章。

《科学美国人》进入中国已经有几十年了。虽然其中文版《环球科学》是按月出版的，但由于其中的内容非常前沿，即便时隔数月甚至数年之后来看，不少文章仍然可以带给我们不一样的启迪，让我们看到科学发展的历程。因此，精选这个著名杂志中适合中国人文化欣赏习惯和兴趣的文章，单独出一套精选系列，就具有了特殊的意义和价值。

“精选”自然有精选的方式和眼光。本系列精选的范围不仅仅是原版的《科学美国人》中的专栏文章，还包括中国科学家在《环球科学》上撰写的精彩文章。经过专业编辑们的谨慎遴选，这套丛书可谓是精品中的精品了。

本系列分为四册，分别是：

1．《大象如何站在铅笔上》——超乎想象的科学解读；

2．《外星人长得像人吗》——怀疑论对科学的揭秘；

3．《哀伤是一种精神病》——走出健康误区；

4．《对苹果设计说不》——科学达人的技术笔记。

其中，关于外星人的传说的文章对中国人的思维方式具有启发意义。作者迈克尔·舍默（Michael Shermer）是科学史博士，在关于伪科学的论述方面是比较著名的学者。他关于伪科学的定义和科学的定义在美国国家科学基金会（National Science Foundation）每两年发布一次的《科学与工程学指标》（*Science and Engineering Indicators*）中被多次引用，并成为科学方法定义的理论基础。他创办的《怀疑论者》（*Skeptic*）在科学文化领域具有重要影响。同时，他还成立了“怀疑论者协会”（The Skeptics Society），经常组织科学文化的研讨会。2002年，舍默的书《人为什么相信怪异的东西：伪科学、迷信与我们这个时代的迷惘》（*Why People Believe Weird Things: Pseudoscience, Superstition, and Other Confusions of Our Time*）在中国出版，获得好评。他的书对于识别各种所谓的“大师”和伪科学现象、培养国人的批判性思维具有重要意义。

除了科学的思维以外，在科学知识的表达方式上，中外也有很大区别。西方科学知识体系以美国为代表，其表述的基本特征是：

1．全球视野，关注的是世界范围内的重大事件以及产生的影响；

2．对科学技术知识的表述一般从使用者最有可能产生错误认识或者体验的角度展开讲解；

3．描述的角度极其新鲜，往往是读者难以想象的，因而起到的启

发效果奇好；

4．视野超前，即往往针对某个科学领域最先进的研究成果进行讲解。而且跟踪的多数是最好的研究机构或者科学家的研究成果，甚至是诺贝尔奖获得者的研究成果。这也是在过去的将近170年间，有100多位诺贝尔奖得主为其撰稿和该刊物持续畅销的原因之一。

《科学美国人》不仅仅是科学家和技术人员关注世界科学技术前沿动态的重要刊物，也是科学记者或科学作家了解美国和欧洲科学的优秀读物。由外研社出版的“《科学美国人》精选系列”集合了该杂志里最好的作品，通过精选、编辑、再创作呈现给读者。该系列既是大众科学文化创作领域的教科书，也是供中国科学家和技术人员在撰写大众科普文章时参考的极具价值的优秀作品。

外研社是中国引进外国先进文化的重镇，也是中外文化交流的研究机构。外研社将科学文化作品作为出版重点，说明中国文化正在向先进的前沿领域挺进，也说明世界正在向科学技术文化领域迈进。在科学文化领域中，中国应该认真学习西方的先进经验，逐步形成用理性思维方式看待身边世界和各种现象的潮流，这是民族文化得以进步的力量源泉之一。一个民族在世界上的地位不仅仅靠经济指数，也不仅仅靠军事力量，只有同时具备科学文明的民族才会赢得世界的尊重。从这个角度讲，我希望这套书能成为外研社在科学文化传播中的新起点。

科学奇迹的见证者

陈宗周

《环球科学》杂志社社长

1845年8月28日，一张名为《科学美国人》的科普小报在美国纽约诞生了。创刊之时，创办者鲁弗斯·波特（Rufus M. Porter）就曾豪迈地放言：当其他时政报和大众报被人遗忘时，我们的刊物仍将保持它的优点与价值。

他说对了，当同时或之后创办的大多数美国报刊都消失得无影无踪时，近170岁的《科学美国人》依然青春常驻、风采迷人。

如今，《科学美国人》早已由最初的科普小报变成了印刷精美、内容丰富的月刊，成为全球科普杂志的标杆。到目前为止，它的作者，包括了爱因斯坦、玻尔等151位诺贝尔奖得主——他们中的大多数是在成为《科学美国人》的作者之后，再摘取了那顶桂冠的。它的无数读者，从爱迪生到比尔·盖茨，都在《科学美国人》这里获得知识与灵感。

从创刊到今天的一个多世纪里，《科学美国人》一直是世界前沿科学的记录者，是一个个科学奇迹的见证者。1877年，爱迪生发明了留声机，当他带着那个人类历史上从未有过的机器怪物在纽约宣传时，他的第一站便选择了《科学美国人》编辑部。爱迪生径直走进编辑部，把机器放在一张办公桌上，然后留声机开始说话了："编辑先生们，你们伏案工作很辛苦，爱迪生先生托我向你们问好！"正在工作的编辑们惊讶得目瞪口呆，手中的笔停在空中，久久不能落下。这一幕，被《科学美国人》记录下来。1877年12月，《科学美国人》刊文，详细介绍了爱迪生的这一伟大发明，留声机从此载入史册。

留声机，不过是《科学美国人》见证的无数科学奇迹和科学发现中的一个例子。

可以简要看看《科学美国人》报道的历史：达尔文发表《物种起源》，《科学美国人》马上跟进，进行了深度报道；莱特兄弟在《科学美国人》编辑的激励下，揭示了他们飞行器的细节，刊物还发表评论并

给莱特兄弟颁发银质奖杯，作为对他们飞行距离不断进步的奖励；当“太空时代”开启，《科学美国人》立即浓墨重彩地报道，把人类太空探索的新成果、新思维传播给大众。

今天，科学技术的发展更加迅猛，《科学美国人》的报道因此更加精彩纷呈。新能源汽车、私人航天飞行、光伏发电、干细胞医疗、DNA计算机、家用机器人、“上帝粒子”、量子通信……《科学美国人》始终把读者带领到科学最前沿，一起见证科学奇迹。

《科学美国人》也将追求科学严谨与科学通俗相结合的传统保持至今并与时俱进。于是，在今天的互联网时代，《科学美国人》及其网站当之无愧地成为报道世界前沿科学、普及科学知识的最权威科普媒体。

科学是无国界的，《科学美国人》也很快传向了全世界。今天，包括中文版在内，《科学美国人》在全球用15种语言出版国际版本。

《科学美国人》在中国的故事同样传奇。这本科普杂志与中国结缘，是杨振宁先生牵线，并得到了党和国家领导人的热心支持。1972年7月1日，在周恩来总理于人民大会堂新疆厅举行的宴请中，杨先生向周总理提出了建议：中国要加强科普工作，《科学美国人》这样的优秀科普刊物，值得引进和翻译。由于中国当时正处于“文革”时期，杨先生的建议6年后才得到落实。1978年，在“全国科学大会”召开前夕，《科学美国人》杂志中文版开始试刊。1979年，《科学美国人》中文版正式出版。《科学美国人》引入中国，还得到了时任副总理的邓小平以及时任国家科委主任的方毅（后担任副总理）的支持。一本科普刊物在中国受到如此高度的关注，体现了国家对科普工作的重视，同时，也反映出刊物本身的科学魅力。

如今，《科学美国人》在中国的传奇故事仍在续写。作为《科学美国人》在中国的版权合作方，《环球科学》杂志在新时期下，充分利用互联网时代全新的通信、翻译与编辑手段，让《科学美国人》的中文内容更贴近今天读者的需求，更广泛地接触到普通大众，迅速成为了中国影响力最大的科普期刊之一。

《科学美国人》的特色与风格十分鲜明。它刊出的文章，大多由工作在科学最前沿的科学家撰写，他们在写作过程中会与具有科学敏感性和科普传播经验的科学编辑进行反复讨论。科学家与科学编辑之间充分交流，有时还有科学作家与科学记者加入写作团队，这样的科普创作过程，保证了文章能够真实、准确地报道科学前沿，同时也让读者大众阅

读时兴趣盎然，激发起他们对科学的关注与热爱。这种追求科学前沿性、严谨性与科学通俗性、普及性相结合的办刊特色，使《科学美国人》在科学家和大众中都赢得了巨大声誉。

《科学美国人》的风格也很引人注目。以英文版语言风格为例，所刊文章语言规范、严谨，但又生动、活泼，甚至不乏幽默，并且反映了当代英语的发展与变化。由于《科学美国人》反映了最新的科学知识，又反映了规范、新鲜的英语，因而它的内容常常被美国针对外国留学生的英语水平考试选作试题，近年有时也出现在中国全国性的英语考试试题中。

《环球科学》创刊后，很注意保持《科学美国人》的特色与风格，并根据中国读者的需求有所创新，同样受到了广泛欢迎，有些内容还被选入国家考试的试题。

为了让更多中国读者了解世界科学的最新进展与成就、开阔科学视野、提升科学素养与创新能力，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社展开合作，编辑出版能反映科学前沿动态和最新科学思维、科学方法与科学理念的“《科学美国人》精选系列”丛书，包括“科学最前沿”（已上市）、“专栏作家文集”、“诺奖得主文集”、“经典回眸”和“科学问答”等子系列。

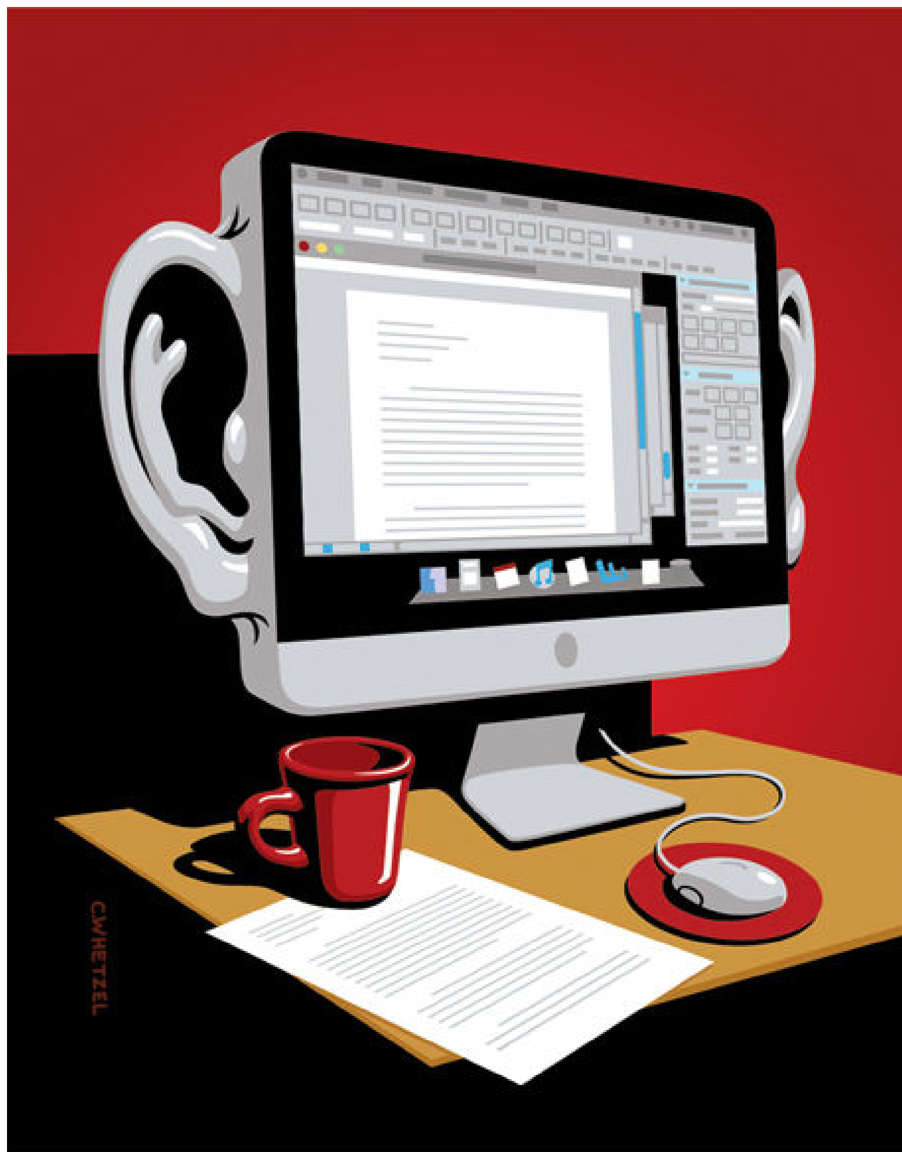
丛书内容精选自近几年《环球科学》刊载的文章，按主题划分，结集出版。这些主题汇总起来，构成了今天世界科学的全貌。

丛书的特色与风格也正如《环球科学》和《科学美国人》一样，中国读者不仅能从中了解科学前沿和最新的科学理念，还能受到科学大师的思想启迪与精神感染，并了解世界最顶尖的科学记者与撰稿人如何报道科学进展与事件。

在我们努力建设创新型国家的今天，编辑出版“《科学美国人》精选系列”丛书，无疑具有很重要的意义。展望未来，我们希望，在《环球科学》以及这些丛书的读者中，能出现像爱因斯坦那样的科学家、爱迪生那样的发明家、比尔·盖茨那样的科技企业家。我们相信，我们的读者会创造出无数的科学奇迹。

未来中国，一切皆有可能。

陈宗周



对机器说话

语音识别程序已经越来越靠谱。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

在过去几年里，语音识别软件已悄悄地成长起来，并延伸到我们生活中的每个角落：它安装在客服热线和机票预订系统的人机交互端口设

备中；扎根于微软视窗（Microsoft　Windows）操作系统之中；它是苹果（iPhone）和安卓（Android）之类触摸屏手机的一种替代文本输入的方法。但是我们还得面对这样的现实：大多数使用这种软件的用户都宁肯自己不用它。

这是因为语音识别通常只是B计划：它是替代打字或人类实际交谈的最糟糕方法。一些公司之所以将它用在电话系统中，是因为它的成本低于雇用真人。许多向电脑输入指令的人之所以使用语音识别软件，是因为他们必须这样做。语音识别之所以在触摸屏手机上崭露头角，则是因为在屏幕键盘上打字又慢又麻烦。

那么怎样才能让语音识别更上一层楼，而不仅仅是一种变通方法（B计划）呢？我们离《星际迷航》（*Star　Trek*）中从不出错的会话计算机还有多远？

好啦，现在我们正在接近这一目标。经过十年的收购、兼并和挪用公款丑闻之后，主要的语音识别公司现在只剩一家：Nuance通信公司。该公司仅销售唯一一款商用语音识别软件，供Windows、Macintosh和iPhone使用。该软件也为奥迪、宝马、福特、奔驰汽车，还有摩托罗拉、诺基亚、三星、Verizon公司和T-Mobile公司的移动手机提供语音控制系统。用它能玩转声控玩具、GPS（全球定位系统）单元和自动取款机，并可接听美国电话电报公司、美国银行、美国药品零售商CVS和许多其他银行的电话。

Nuance通信公司每年都会推出一个新的用户语音识别程序版本，例如它推出的Dragon　Naturally　Speaking。通常情况下该公司不会为新版本添加很多新功能。相反，它将大部分资源集中于一个目标：提高精确度。

最初，你必须对着话筒阅读45分钟的脚本来训练这些程序，让程序能识别你的声音。多年来随着技术的改善，训练时间不断减少，逐步降到20分钟、10分钟、5分钟——而现在你已经完全不用对该软件进行训练。一旦发出指令，便能得到（由笔者测试）99.9%的精确度。按照这种精确度，每读两页文字还是会错一个单词，但这已经让人印象深刻了。

语音工程师使用各种方法来提升精确度。最早的语音识别程序要求你说话时在两个单词之间要暂停一下，那种软件根本无法区分“their”与“there”和“they're”。但假以时日，更强大的PC处理器将会使

连续语音分析成为可能。现在的语音识别软件已能开始鼓励你用较长的句子说话，这样，软件就会有更多上下文用来进行分析，以提高精确度。

提高语音识别精确度还有另一种技巧：2010年Nuance公司为iPhone提供了一款免费语音识别应用程序，名为Dragon Dictation。你说的话会被传送到该公司的服务器上，在那里进行分析之后，几秒钟之内就会转换成文本并返回到你的手机屏幕上。

不过，没人知道该公司已储存了所有这些语音样本，有数百万份，这样一来便创建出一个包括有不同声音、年龄、语调和口音的巨大数据库，根据它们可对不同的语音识别算法进行测试。

是的，该技术正在不断改善。但读者经常问我："既然语音识别软件这么好，那么我能用它来做电话和访谈记录吗？"答案仍然是否定的。除非你对着话筒说话，无背景噪音，最好不带口音，否则这个软件的效果也没有这么好。你依然必须读出所有的标点符号，最后还要加上"句号"。天知道，我们人类相互理解都会如此困难，要求一台电脑完美地完成这一任务，确实有点过分。难怪今天的语音识别应用程序仍然会犯错误，比如将"mode import"误听为"modem port"，将"move eclipse"误听为"movie clips"——够了，你应该完全清楚了。

因此，在我们的有生之年，键盘肯定不会消失。《星际迷航》中的计算机会话方式仍然是数十年之后的事情。当然，99.9%的精确度对我们来说已经非常好了——但是除非达到100%精确度，否则语音识别技术仍将属于B计划。（翻译　詹浩）



开放还是封闭？

谷歌的Android并未证明开放就是好的。

撰文　戴维·波格（David Pogue）

在美国，有这么个老生常谈：苹果公司曾经失去过一次在计算机行业称霸的机会。它本可以成为个人电脑领域的巨无霸，但是因为系统太封闭而没能成功。这里的“封闭”有两层意思：一层在字面上——早先的Macintosh电脑机箱完全封死，里面的零件不能乱拆乱动；另一层则是比喻——苹果在授权方面也很封闭，具体来说，只有苹果生产的电脑才能运行苹果操作系统。微软就不同了，它向所有老牌电脑公司颁发了运行Windows的许可，今天，世界上90%的个人电脑都在运行Windows操作系统。

没过几年，又一场“实验”开始了——主题是音乐播放器。苹果和微软都照着和上次完全相同的剧本演出。竞争的一方是史蒂夫·乔布斯

（Steve　　Jobs），他坚持iPod以及配套的软件都要由苹果公司一手包揽；另一方是微软，它把自己的播放器软件平台Plays for Sure提供给任何付了许可费的公司。

但这一次，结果颠倒过来了。苹果模式大获全胜，iPod一举鲸吞了85%的播放器市场。微软呢？直接把Plays for Sure拉出去砍了。（微软后来又开发了一套全新的音乐播放系统，名叫“Zune”，出人意料地模仿起苹果的封闭式架构，但也以失败告终。）

好了，我们已经有了几项对照研究，得出了互相矛盾的结果。那么，究竟哪种模式才正确呢？授权还是专有？

眼下，我们正陷入另一场激烈的市场争夺战，这是对两种模式的又一次检验，获胜者将在市场上占据主导。这就是规模空前的智能手机之战，交战双方是苹果（iPhone，专有式）与谷歌（Android，开放式）。

和以前一样，苹果自己开发硬件，并独享自己的操作系统。谷歌则继承了微软“我们的软件随便用”的信条，并且比微软更进了一步：它的Android操作系统不仅公开，而且免费；任何公司都能开发使用Android智能手机（或者平板电脑、电子阅读器等等）而无须向谷歌支付任何费用，甚至可以对Android进行改动。

实验进行到现在，一直十分顺利。全世界的手机制造商正在大量生产Android手机，至今已造出3，000多万部。而苹果售出的iPhone达到了7，500多万部，但它比谷歌早入行一年。

这样看来，Android取得了巨大的成功。但话说回来，如果把这场战争看成实验，那么它的设计非常差劲。我们要问的是：Android的魅力到底有多少来自于它的开放性？

实际上，我们大可以认为“开放”让用户非常痛苦，因为开放之后，AT&T和Verizon等运营商就会在你的新手机里塞满乱七八糟的图标，这些图标指向它们那些又差又贵的附加服务。（苹果就绝对不会允许第三方在iPhone中预装任何垃圾软件。）

更糟的是，“开放”就意味着不止有一个Android。一个操作系统变成了由各种小幅改进版本组成的分裂平台。如果你用过Android手机，一定会有切身体会：Adobe推出了Android插件，终于能在手机上播放Flash动画了。你为此兴奋不已。但仔细一研究，这款插件只能在少数几个Android版本上使用。

谷歌的应用商店也比苹果的开放。苹果挨个审查应用软件，这种做法早已恶名远扬。别的不说，Android手机上能运行色情软件，iPhone上就不行。但审查也意味着苹果的商店更有条理、质量更高；相比之下，谷歌的Android软件市场则是一片混乱。

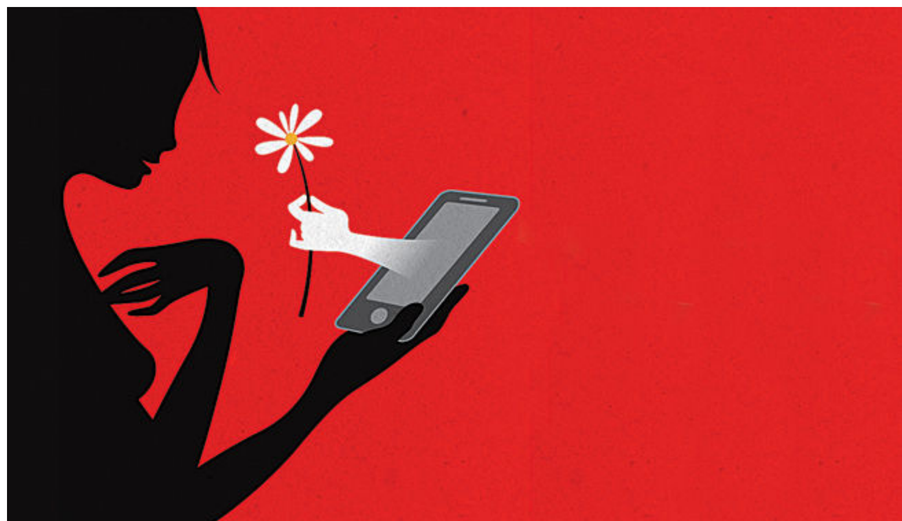
这么说可能显得偏激。但所谓“开放”，会不会使人眼花缭乱、无所适从呢？

从手机制造商的角度看，Android真是因为开放性才显得诱人的吗？还是因为它完整、精致、优美、自带软件库，重点是不用手机制造商付一分钱？

对用户来说，开不开放真有那么重要吗？用户是“想要一部摩托罗拉的Droid手机，因为它轻薄、流畅，还能加入Verizon网络”，还是“想要一部Droid手机，因为它的Android界面更漂亮一点”？显然是前者。

也许，全世界需要最后再做一次规模庞大的科学实验：一边是封闭、专有的模式（苹果），一边是封闭、免费的模式（谷歌）。你瞧，我们得把“免费”和“可修改”这两个变量分开，才能找出Android气势如虹的确切原因。

好吧，我也知道这个实验不可能做得出来，但要弄清楚“开放”的真实价值，这是唯一的办法。（翻译　红猪）



有人格的电子设备

我们想要我们的电子设备人格化到何等程度？

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

iPhone 4S最具话题性的新特色，就是语音助理Siri。你可以向“她”下达五花八门的语音指令，无需辅导，也用不到什么特别的句法，她会很奇妙地遵从你的指令行事。

你可以对她说“给我的助理打个电话”“八点叫我起床”“约一下伍德沃德博士，本周五，下午两点”；也可以说“从这里去机场要怎么走？”或是“播放泰勒·斯威夫特（Taylor Swift）的歌曲”“在我进办公室后，提醒我把史密瑟斯的行业报告归档”；还可以问她“一升相当于多少液量盎司？”“这里距离火星有多远？”，或者“乔治·华盛顿（George Washington）是哪天出生的？”

针对每项指令，Siri会与苹果公司的服务器进行短暂的连接，然后用一种平静的女性嗓音回复，同时在屏幕上显示你所要查询的信息。

不过，网上很快就冒出了一帮自作聪明的家伙，开始问她一些难以给出确切回答的问题，接着便为她那诙谐乃至犀利的答复惊叹连连。

你：“Siri，我爱你。”Siri：“你真会说话，戴维。现在我们可以继续办公了吧？”

你："生命的意义何在？"Siri："我现在也答不上来，不过给我些时间，让我写一部剧情空洞的超长剧给你。"

你："把舱门打开，Siri。"Siri："很抱歉，戴维，恐怕我不能那么做。（停顿）满意了吗？"（译者注：这段问答至停顿为止，典出《2001：太空漫游》（*2001: A Space Odyssey*）中波曼船长与超级计算机HAL9000的对白片段。）

Siri确实是语音控制领域的一大突破，此外亦是计算机人格化的一大突破。问题在于，我们想要我们的电子设备人格化吗？程序员和设计师们一直在为这个问题满腹纠结。每一款操作系统的创建人员，都得设计一套标准句法用于人机沟通。数十年来，各家开发厂商总在不同的理念之间犹豫不决，换来换去。

Siri尚未登场之前，苹果公司的软件向来回避"我"和"你"这类的人称代词。结果便是一些拗口的被动语态大串联，譬如"文档没有被找到，无法被打开"。

微软在对话框内所用的英文，不仅爱用被动语态，还总以程序员为假想对象，而非大众，如"SL_E_CHREF_BINDING_OUT_OF_TOLERANCE：激活服务器确定特定的产品密钥已超过其激活次数。"哦，当然当然！

美国花旗银行的自动提款机则与礼仪女王艾米丽·波斯特（Emily Post）的精神背道而驰。它们将"我"和"您"的交谈体验发挥到了极致。提款机的欢迎画面上会显示："您好。我能为您提供什么服务？"当你退出后，则会看到："谢谢，为您服务永远是我们的荣幸。"这些机器甚至有心为你的愚蠢过失担责："对不起，此密码我无法识别。"

如今，我们内心深处——其实也没多深——都清楚，这些电脑并不是真的在与我们交流；它们所呈现出的表达方式，全部由某处的某名程序员编写而成。那么，这些软件公司为什么要费这个心？倘若人人都知道这只是种花招，那么我们还有必要在意机器能展现出多少人格魅力吗？

有必要。

设计师的用意，显然在于模仿人类的日常对话，好让自己设计出的机器更加友好。不过这种理念是有副作用的：若要编写出像真人一样谈吐的机器程序，程序员就必须像真人一样思考。

以花旗银行为例，撰写那种采用第二人称的对话语句，需要工程师

迫使自己代入真人的思维模式。此外，若缺乏在逻辑、术语、表述清晰上的考量，也无法为自动提款机撰写出合格的第一人称表述。处于这种思维框架内的人，永远写不出“激活服务器确定特定的产品密钥已超过其激活次数”这样的句子。

与此同时，Siri在“人格”上的优越性则在于：她才不管你说的是“会下雨吗？”“我需要带把伞吗？”还是“天气预报怎么说？”她的控制程序要求她理解任意形式的措辞。此时所要达成的效果已经超出了“友好”的范畴，升级为“快感”。当你第一次不用阅读任何说明书，不用遵循任何守则，就能让Siri按你的指令行事时，你会为自己的无师自通感到莫大的骄傲。

的确，能像真人一样交谈的机器乃是彻头彻尾的障眼法，对此我们全都心知肚明。不过人的心理是很奇妙的——就好像我们在观看精彩的魔术表演时，明明知道一切都是戏法，却依然会被取悦一样。（翻译 薄锦）



Siri，你不能再聪明点吗

语音识别软件是个好软件，只要别把它用在手机上。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

苹果公司在2012年推出的iPhone　4S，看上去跟前一款相差无几。新款配置了像素更高的摄像头和速度更快的处理器，却只增添了一项新功能：Siri。

相信大家如今都很熟悉Siri，这是一款可以执行语音指令的辅助类软件。使用者无须接受任何培训，只要按下Home键，像平常一样讲话即可。

Siri在社会文化领域引发了一股热潮。YouTube恶搞视频、各种使用攻略、功能雷同的Android版应用接踵而至。还有专家提出了在公共

场合使用手机的新礼仪——如今的手机用户就连通话以外的时间都在对着手机讲话。语音识别功能一时成了时代的宠儿；突然之间，电视机厂商也争相涌入，当然更少不了其他手机厂商的跟进。语音功能被炒得沸沸扬扬，似乎我们与电子产品的互动方式已就此彻底改变。

接着又掀起了一轮大力贬斥的声浪。

电子产品资讯网站Gizmodo，打出了“Siri乃苹果公司背诺之作”的标题。大家发现，有时在你口述完一段文本后，Siri会沉思片刻，然后——就没有然后了。已有多名消费者对苹果发起了集体诉讼，指控苹果涉嫌虚假宣传。苹果方面则表示，Siri还处于公测阶段。

到底是怎么回事？Siri，这位电子界的救世主哟，怎么会成为如此失败的产品？

所有人都忽略了一项事实：“作为虚拟助手的Siri”与“作为语音识别引擎的Siri”须区分看待。就像现实中所显示的，这两种不同性质的功能，迈向成功的轨迹也大相径庭。担当虚拟助手的Siri，其开发商是Siri公司，后被苹果公司收购。（Siri其实是研究机构SRI早年某个军用人工智能开发项目的副产物。这下清楚了吧？）

而听写功能——涉及文本语音转换（text-to-speech）技术——则由美国Nuance软件技术公司提供，该公司旗下产品包括语音识别输入软件Dragon Naturally Speaking等。

在你口述文本时，Siri会生成相应的音频文件，并将其发送到Nuance公司的服务器上；服务器会对这段音频进行分析，再将转换出的文本返回到你的手机上。Siri容易在网络信号不佳或手机网络发生拥堵时表现失常，原因就在于此（使用Wi-Fi上网时，Siri的听写功能就会好用很多）。

需要与远程服务器进行数据交换，正是Siri的听写功能准确率不尽如人意的症结所在。

语音输入的问题还不止于此。不正常的背景杂音、起风、口部与话筒之间的距离不定，均会增加手机完成文本语音转换的难度——准确率也远不如PC版的语音输入软件，后者就完全没有这方面的问题。使用Siri（还有恐怕更经不起考验的Android版语音输入应用）听写出来的文本，平均每段都会出现两到三处错误。

PC版语音输入软件的表现则好很多——准确率接近100%，因为它没有这些困扰。经过你的训练，PC版的语音输入软件可以做到只识别一

种声音：你的嗓音。而手机版没有训练功能。声音识别训练所涉及的运算量是远非手机所能负荷的。

这些贬斥的声音并非欲加之罪。我们已经习惯了那些每一次都能正常使用的消费电子技术：电子邮件、全球定位系统、数码相机。依赖于手机上网质量的语音输入技术，性能却时好时坏。这种状况出现在当今时代，难免会令用户感到难以接受。

但我们也别对Siri全盘否定。Siri的“虚拟助手”功能——所有那些设定闹钟、拨打电话、发送短信、安排行程之类的指令——性能就很稳定。哪怕你所用的全是些最基本的指令，像是“X点叫我起床”“拨打XXX的电话”“发条短信给XXX”“提醒我……”等，也能帮你节省时间、避免错漏。

自由形式的手机语音输入是一项尚未成熟的技术。不过，它在电子产品控制界面领域的应用，让我们看到了语音输入软件的光明未来，一如Siri在之前所承诺的那样。不妨等到Siri公测结束后再来评说。（翻译　薄锦）



“人肉”小偷侵犯隐私吗

有个家伙偷了我的iPhone。我对他进行了追踪，然后把他的地址发到了网上。这是否侵犯了他的隐私权呢？

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

2012年夏天，当我登上美国国家铁路客运公司的列车时，根本不知道等着我的会是一段怎样的旅程。

当我在老家康涅狄格州站下车后，发现我的iPhone不见了。但我当时仍存着几分希望。苹果的免费服务Find My iPhone（寻找我的iPhone）可通过GPS、Wi-Fi和手机信息，对丢失的苹果产品进行地理定位。没过几天，Find My iPhone就发来一封电子邮件，通知我手机已经找到了——地图显示，它就在马里兰州锡特普莱森特市（Seat Pleasant,

Md）的一个房屋里。

哦，太妙了。我要怎么拿回一部远在5个州以外的手机啊？于是我头脑一热，就去推特（Twitter）上发了条推文，说了我手机丢失的事。“Find My iPhone显示，它就在马里兰州。有人愿意帮我把它找出来吗？探险开始！”我还附上了一张地图，那枚绿色的定位标记就钉在一个房屋的卫星图片上，一个外形平凡无奇的房屋。

不到一个小时的时间里，帮我寻找手机的消息便传遍了各大博客及推特，甚至登上了国家级的报纸和电视。“波格的手机在哪里”变成了一场高科技的寻宝游戏。

利用Find My iPhone所提供的地址，当地警方也介入了此次案件。那个房屋的屋主招认了自己偷窃手机的罪行——当然，他对于警察如何获知他的具体方位，感到困惑不已。然后又过了一天，我便拿回了自己的手机。（我决定放弃提起诉讼。）对我来说，这件事就是这么回事。现代科技＋警方表现良好的传统动作＝圆满结局，不是吗？然而对于有些人来说，并不是这样。有很多人都为此次事件感到困扰。他们将我发布窃贼地址的行为，视为对其个人隐私的野蛮侵害。

“这个国家还有没有底线可言啊？”有位读者写道，“波格先生……不仅……将临时的‘代理权’委托给了大众，（为他们）提供了设备所在地的详细地图，还把警察也叫了过去。那里可是他人的私人住宅。这把隐私原则置于何地？”当时我的第一反应是：“等等——我们这是在对小偷表示同情吗？”敢偷别人的东西，不就要冒着放弃部分权利的风险吗？我在推特上发布的内容，跟警察局里印有嫌犯照片的通缉海报有什么区别吗？

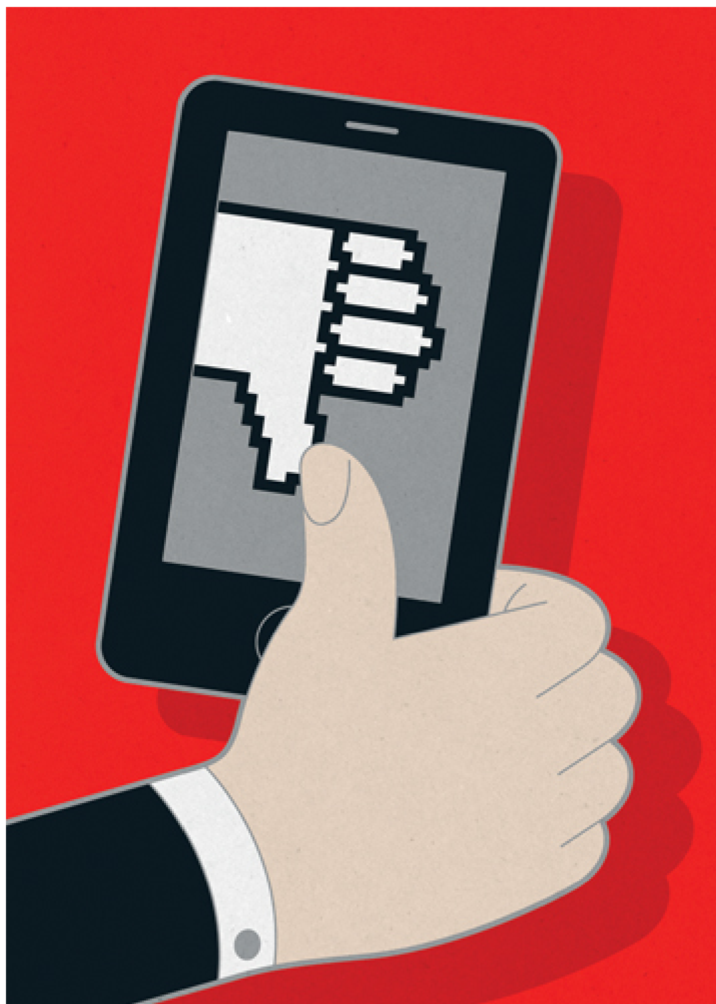
当然，具体到这一次的案件，区别就在于：贴出地图、发起追捕行动的一方是我个人，而非执法机关。这会不会构成对小偷个人权利的侵害？会不会导致美国从此沦为一个网民化身联防队员的世界？

这个问题不太容易回答。法律并没有对手机方位信息的获知权做出全面且明确的界定，就连政府或执法机关都是如此。有时候，警方需要申请相关的许可文件，才能要求手机运营商提供这类信息，有些时候就不用。而就我这次事件而言，美国印第安纳大学伯明顿分校的隐私研究员克里斯托弗·索格安（Christopher Soghoian）表示，在这方面我们甚至没有多少法律可以遵循。美国国会在2011年提交了一项法案，简称GPS法案（*Geolocational Privacy and Surveillance Act*，即《地理位置隐

私与监督法案》），这项法案肯定会反对这类“查找手机”的服务，认为失窃手机的机主利用地理定位信息协助案件调查是“非法”的。

索格安认为，我有可能违反了州里的某些骚扰或跟踪法规。不过在很大程度上，无论是从法律还是从道德的角度来说，这种委托大众帮我寻找手机的行为，带来的影响都极其恶劣。要是我没有在网上擅自曝出对方住宅的照片就找到了手机，情况还不会这么糟。要是从一开始他就没偷我的手机，或者在偷到后回应了我发到手机上的“拾获者有赏”的短信，情况也不会这么糟。可是结合地理位置追踪和社交网络这两股力量，似乎是种现成的招数，当时的我实在来不及细想。

说到底，这个社会真正需要的，也许是个名为“寻找我的道德指标”（Find My Moral Compass）的应用。（翻译　薄锦）



高清显示屏的尴尬

如今的数码设备，屏幕像素远超以往，但是所有这些视觉享受都是有代价的。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

苹果的iPhone 4将“视网膜屏”（Retina Display）推到了大众面前，世界为之沸腾。科技资讯网站Engadget上的一篇评测文章称“世上从未有过画面如此细腻、清晰、赏心悦目的屏幕”。《连线》（*Wired*）杂志

则表示“盯着这块屏幕看会上瘾”。

他们所赞叹的对象，正是视网膜屏那极高的像素密度。iPhone 4的像素密度为每英寸326像素（ppi）——人眼在正常视距外观看如此精细的画面时，完全分辨不出屏幕上的像素点。苹果接着又将视网膜屏用在了iPad（264ppi）和MacBook Pro系列笔记本电脑（227ppi）上。

分辨率大战由此拉开帷幕。三星、诺基亚和HTC分别陆续推出了显示屏像素密度为316ppi、332ppi和440ppi的新款手机。谷歌的Nexus 10平板电脑，像素密度甚至超过iPad，达到了300ppi。

随后，连电视机制造业也加入了这场大战。厂商们推出了4K超高清技术——其分辨率为高清电视屏幕的4倍。整整4倍！在某种程度上，分辨率的提升的确带来了更好的视觉效果。不过在这句评语旁，还要再加上几句批注。

低分辨率图像在高分辨率屏幕上并不会获得更好的视觉效果。做过iPhone应用程序开发的人都知道，低分辨率图像在高分辨率屏幕上并不会得到更锐利的显示效果。在高分辨率显示屏上，手机只是使用了双倍的原始像素而已（低分辨率图像上的每一个像素，在高分辨率屏幕上都变成4个像素来显示），这并不会改善图像的锐利度。

事实上，它们的视觉效果反而更差。你或许还记得，高清电视机（HDTV）刚上市时，播放标清信号的画质还不如标清电视机（现在还是这样）。猜猜看，电视机之外的其他屏幕会怎样？当然也会有同样的问题。

理论上来说，由于像素提高1倍，标准分辨率的图像在高分辨率屏幕上显示时锐利程度并不会下降。然而，许多MacBook用户沮丧地发现，视网膜屏出现之前的图像显示在视网膜屏上时画质更差。这或许是因为标准屏会自动平滑相邻像素间的差异，而在视网膜屏上，这种差异变得微乎其微，导致精妙的平滑渲染技术再无机会一显身手。

整体而言，这一问题在世界上最大的应用程序——互联网上表现得尤为显著。为视网膜屏重新设计的网站少之又少，所以在视网膜屏上浏览网页上的图像，画质通常都很糟糕。

更大意味着更慢。如果网站设计师们真的着手设计了高分辨率版本的网站界面，那么网站所用的图像文件就会变得更大，加载速度也会跟着变慢。在网络流量按兆字节（MB）计费的手机和平板电脑上，打开这样的网站会让用户花费更多的钱。我们真的想用更长的等待时间、花

更多的钱，来浏览那些图像更锐利的网站吗？难道就没得选吗？

我们都已经被运营商们强行设定了每月数据流量上限。莫非我们就那么想让一个又一个高分辨率网站，每个月都消耗我们4倍的网络流量吗？

文本应该可以自动实现更锐利的显示效果，但这是有条件的。刚才所说的图像显示问题并不会出现在文本的显示中。文本不是图像。但凡程序或网页要显示文本时，苹果针对视网膜屏专门定制的软件均会自动向你的显示屏输出极为锐利的文字。

不幸的是，上面这句话只有在软件开发公司使用苹果给定的文本处理程序时才成立，并不是所有软件公司都会这么做。比如，用Adobe的排版软件InDesign制作出来的文档，文本显示效果就一塌糊涂。

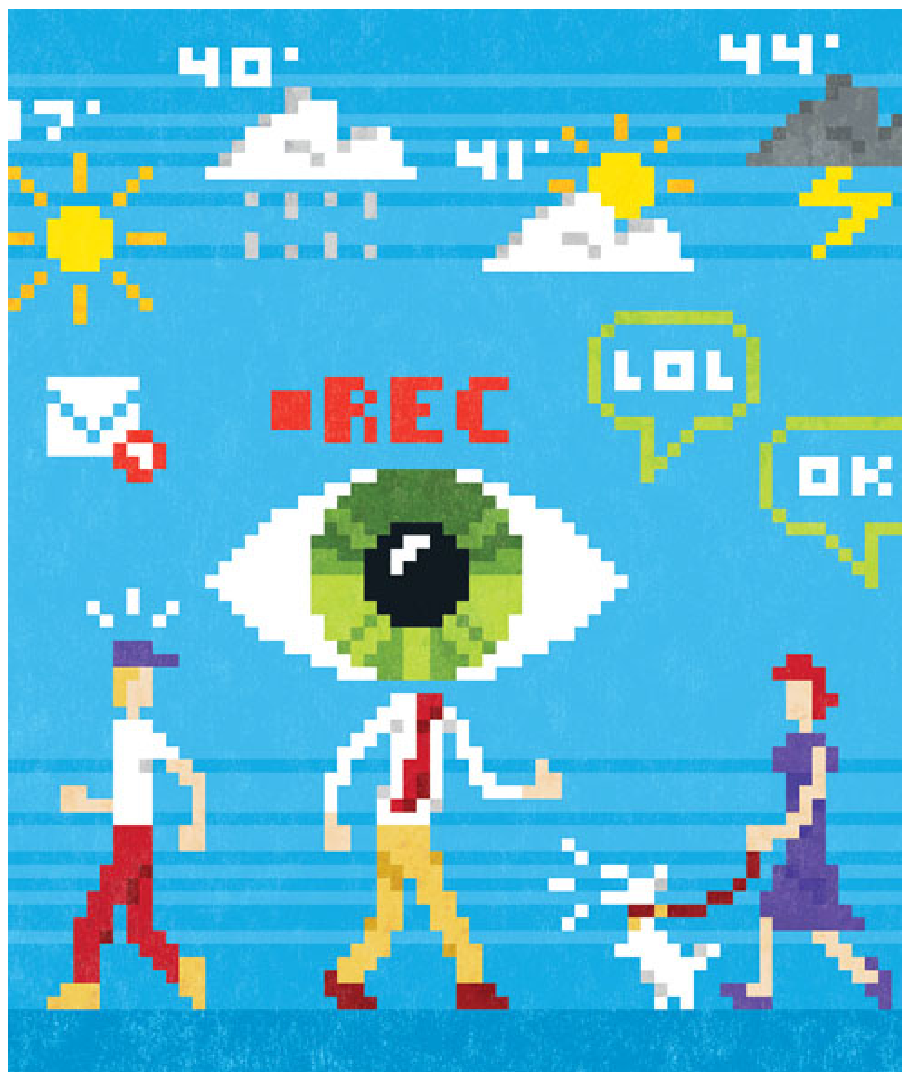
4K电视信号播送？洗洗睡吧。把电视机屏幕视网膜化的想法更是格外荒谬。不会有哪家有线或卫星电视运营商愿意发射4K电视信号，因为一个4K电视信道所需的带宽足够用来发射4个高清频道。为了节省带宽，运营商们都已经开始发射低分辨率的高清电视信号了。

4K视频所需的数据量也大大超过了DVD、蓝光光盘或者网络流媒体的承载能力。那你在4K电视机上还有什么可看的？

购买索尼84英寸4K电视机的用户，可以从索尼公司那里租借一块硬盘，里面储存着10部索尼自己制作的4K影片。

难道我们就只好这样？把几块硬盘寄来寄去？

进入超高清时代所需的硬件设施已经就绪。现在我们需要想清楚的问题是：在手机、网站和电视机上，如何把那些高分辨率的内容全部“塞进去”。（翻译　薄锦）



充满变数的谷歌眼镜

穿戴式的眼镜型电脑将记录下你所看到的一切。对此，我只能祝福你真能找到愿意跟你当面交谈的对象。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

任何一项新技术在一开始都会引发大众的不适。人类社会曾经用了

很长时间，才接受了手机的普遍使用。在手机之前，则是电视机；电视机之前，又有拖拉机。所以，当许多人对谷歌眼镜（google glass）表示嘲笑和蔑视时，我只是翻了翻白眼。“又来了，”我心想，“就是对新技术的下意识排斥嘛。”

其中大家最担心的问题，似乎是注意力的分散。谷歌眼镜采用了眼镜式的外观，只是拿掉了镜片，看上去就像横在你前额上的一根头带。只要轻触耳机，你便可通过语音指令进行操作，让它完成通常由智能手机处理的那类任务，比如设定日历提醒、寻找附近的寿司店等。这就是我们所要的，对吧？在开车的同时，阅读文字，观看影片；和他人面对面交谈时，浏览邮件，从而进一步拉低“无礼”的底线。

这些担忧完全是误入歧途。当我终于有机会试戴一下谷歌眼镜后，我发现，这副眼镜根本不会在你眼前形成任何遮挡。你还是会在与人交谈时与对方眼神交会。你还是会看到眼前的路面。谷歌眼镜的屏幕，小到根本不会遮挡你的正常视线。

在那些恶搞的模拟视频里，人们戴上谷歌眼镜后，做任何事时，都好像是透过一块布满警示与广告信息的屏幕窥伺世界的样子。然而事情并非如此。你只需时不时地抬眼瞄一下谷歌眼镜的屏幕即可，和你查看手机屏幕时的情形并没有什么不同。但你不必低头，不必在口袋里乱翻，所以你反倒可以宣称，它能减少注意力的分散。几乎可以将双手完全解放出来的谷歌眼镜，应该会给人无可比拟的便利感才对。

即便如此，谷歌眼镜要获得大众的普遍接纳，恐怕仍有一场硬仗要打。问题并不仅仅在于售价，也绝不只是因为这又是一件需要每天都充电的设备。

是的，这些都不是问题。真正的难题其实是谷歌眼镜佩戴者的自我优越意识以及由此给非佩戴者带来的严重不适。过去一年里，只有谷歌公司的员工和社会名人有机会戴上谷歌眼镜。可是，当我在公众场合走近一位戴着谷歌眼镜的谷歌员工，与之展开交谈时，我们之间的互动体验带给我的强烈不适感简直让我抓狂。

她就站在那里，戴着那根外观令人戒备、伪未来主义感的（faux-futuristic）“头带”——内置一个对准我面部的摄像头。我唯一知道的是，它一直在对着我拍照。我本来以为，谷歌眼镜在拍摄时，应该会亮起一个小小的显示“拍摄中”状态的指示灯。可是，这位谷歌员工戴的是一件工程样品，而不是最终的成品。在这里插一句，开发一款不会激活

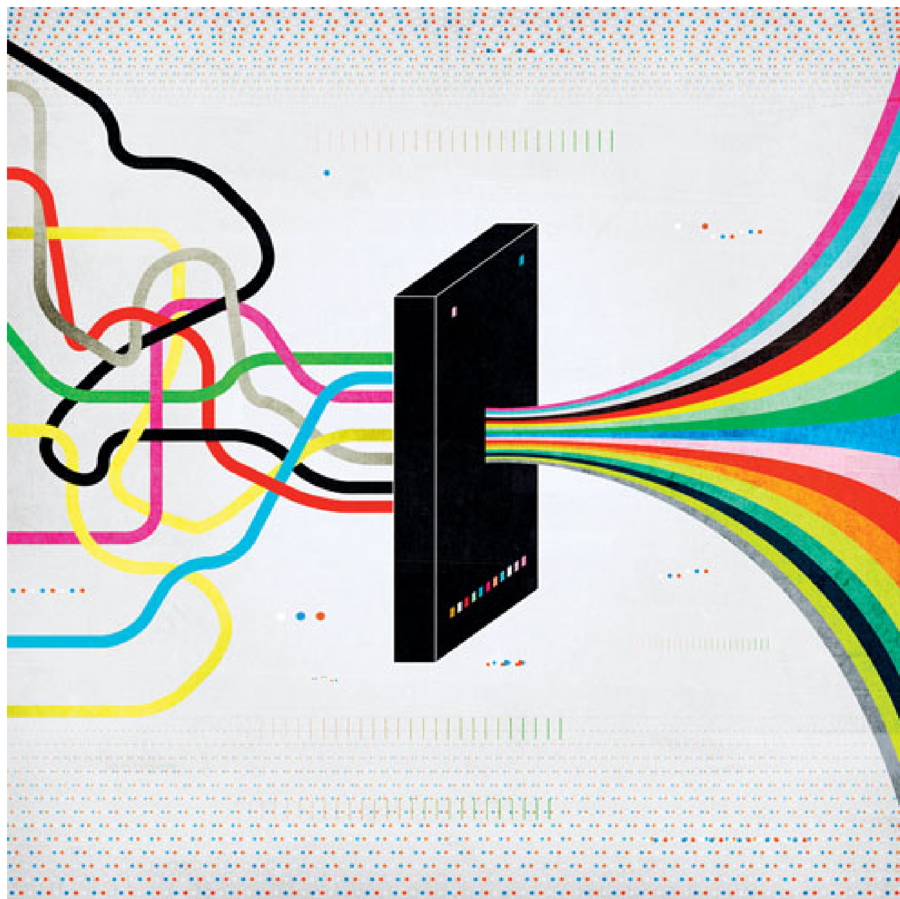
拍摄状态指示灯的拍摄类应用程序，大概需要一个人一天左右的时间。

这就为谷歌眼镜佩戴者赋予了控制地位。他们可以拍摄图片和视频，发布到互联网上，甚至不排除利用面部识别应用程序，在人群中探知陌生人身份的可能。

早在谷歌眼镜正式发布数月前，美国西雅图一家酒吧就明令禁止佩戴谷歌眼镜的顾客入内。这家酒吧的老板告诉当地电台的工作人员，他的老顾客们“实在不想被人偷拍或偷录，并把照片或视频传到网络上”。

你也许喜欢出现在镜头里，也许不喜欢。但不管是哪种情况，现代社会的预设前提是，你知道自己正在出镜。而有了谷歌眼镜以后，没有谁会再手持一台摄像机或一部手机对着你。你再也不会知道，你的交谈对象是不是正在对你拍照。这违反了一条不成文的社交规则。我不喜欢这样。我只想让那位谷歌员工把那副该死的眼镜摘下来。

所有这些因素就可以解释，为什么有些网民会给这款特殊眼镜的佩戴者们起了一个专门的诨号——“Glasshole”。如果谷歌不小心行事，这款眼镜最终势必重蹈“赛格威”（Segway，一种电动的个人用运输载具，曾经一度被认为是划时代的科技发明，但由于诸多现实因素，上市后市场反响并不如预期）的覆辙。那样的话，它虽仍不失是一项震惊世界的科技成果，然而由于在公众场合佩戴时引发的无尽尴尬和令人侧目的自我中心感，最终只能沦为“神龛上的摆设”。（翻译　薄锦）



机器识别的迷梦

完美认知型计算机的美梦，何以一次又一次令我们心碎。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

各大电子产品博客或许陷入了对像素和处理器速度的狂热追求中。但要说到真正令大众眼花缭乱的东西，不妨想想一项极少被大家提及的技术——对现实世界中图像和声音的机器识别（machine recognition）。

该领域的成功案例标志着运算与软件的胜利。笔记本电脑和台式电脑上的语音输入，准确率高得惊人。触摸屏所用的手势操作，基本上都

很有效（毕竟要识别的动作就那么几种）。微软公司为Xbox游戏机推出的Kinect和三星公司出产的一些电视机，已经为我们带来了人体动作识别的功能。Windows 7和Windows 8的手写识别也堪称亮点，无论是印刷体的文字还是手写的潦草字迹，均可成功识别。

音乐雷达（Shazam）、音乐猎手（SoundHound）等手机应用程序，能够识别出正在播放的流行音乐，并显示出对应的曲名、演唱者和专辑名。谷歌公司为安卓手机和苹果手机开发了一款名为“谷歌护目镜”（Google Goggles）的应用程序，只要拍一张图书封面、DVD包装盒、酒类标签或画作的照片，该程序就会立刻为你呈现通过谷歌搜索相关物品的结果。

软件甚至可以识别视频中的人脸，YouTube的版权保护算法也能将你上传的视频，与已知的受版权保护的资料进行比对，确保你发布的视频不是出自某部影片。

这一切简直神奇极了。这些应用程序在表现良好的时候，对声音、图像和动作的识别，看起来真如魔法一般。不幸的是，这一点被营销人员发现并充分利用。他们向消费者介绍各种计算机识别功能时，说得简直天花乱坠，而事实上，这些功能的稳定性简直堪比冷核聚变。

数十年来，我已经多次遭受一种只能称之为“识别失败心碎综合征”（recognition-failure heartbreak syndrome，缩写为RFHS）的痛苦。厂商承诺的人类指令识别功能，吸引我买回他们的产品，结果这些产品的实际表现根本不值得你放在心上。

还记得声控灯吗？我上中学时就买过一只。有时候，只要拍一下手就能把灯打开，但有时候就得拍许多下。我还买过一只口哨开关。它可以通过声音识别——一声尖锐、急促的口哨——打开电子设备的电源。好吧，开灯，很好，灯亮了——但是还触发了电水壶、吱嘎作响的仓鼠转轮，还有响亮的喷嚏。我也曾上过苹果公司早年推出的Newton的当，这是一款售价为700美元的手写识别设备，结果每使用5次，大概只有2次能正常工作。

三星公司曾反复承诺，他们的Galaxy S4手机可以将输入的语音片段翻译成另一种语言，就像电影《星际迷航》中展现的那样。根据他们的描述，只要手握这部手机，伸向一位用法语询问“Où sont les toilettes?”的人，它就会大声播放出相应的翻译：“洗手间在哪里？”

可事实上，三星只是在一种语音识别技术的基础上，增添了另一种

不成熟的识别技术而已。这款智能翻译应用程序名叫S Translator，它甚至听不懂英语以外的其他语言的发音，更别说把非英语的句子翻译并转换成英语表达了。我猜测三星公司自己也很清楚这一点。如果S Translator真那么好用的话，必然会成为宣传文案上的加粗标题，而不是在列举新功能的时候一句带过。

我们还要失望多少次，才会开始放弃这些特性？我们还要打回多少种产品，才能让厂商在多少打磨一下这些技术后，再大肆宣扬他们那“奇迹般的”功能？

我对此是深表同情的——基于软件的识别技术并不容易。这可不像把统计报表中的数字加起来那样有唯一正确的答案。你要求软件处理的，是一些模糊、不确定的输入变量——声音、图像、动作、潦草的字迹，这就是识别技术无法做到百分百准确的原因所在。需要处理的对象本来就不一致，难怪各种识别技术总让我们失望。或许再过几十年，会有更精密的传感器、更快的处理器、更大的数据集和实验，最终我们将从持续的“识别失败心碎综合征”中解脱出来。与此同时，或许IT企业和消费者都应该加强一下自己的认知：让机器识别我们的现实世界，的确令人心潮澎湃，但在眼下还只是一种期待。（翻译　薄锦）



手机代替记忆？

我们随身携带的智能手机，是否已经让记忆力变成过时的技能？

撰文 戴维·波格（David Pogue）

我父亲小的时候，只要能背诵出历任美国总统的完整名单，就能从他父亲那里得到25美分的奖励。“第一任，乔治·华盛顿。第二任，约翰·亚当斯……”

到我这一代，父亲也和我达成了同样的“交易”，并把奖励提高到5美元。至于提高奖励金额的原因，我父亲的解释是“因为存在通货膨胀，而且现在的总统名单更长了”。

2013年，我也曾悬赏了10美元，让我的独生子为我做同样的背诵展示。可是，我儿子却回以一脸困惑——为什么要背下这么一长串总统的名字？他争辩道，如今这个年代，“人人都有智能手机”，而且会一直这样用下去。

他说的很可能是对的。

2013年第二季度是个转折点——智能手机的销量超过了普通手机，这是有史以来的第一次。换句话来说，在衣服口袋里随身携带一台小电脑，已经成为一种常态。只需简单点击一下，就能看到谷歌搜索结果。所以，至少在我儿子看来，实在没什么必要去记住许多东西，比如总统名单、化学元素周期表、各州首府，或者10以上的乘法表。

对此，我们这一代家长的反应恐怕可想而知——沮丧和失望。我们往往会这样说：“现在的小孩子啊！或许我们不该把所有事情都变得太简单？如果他们没有储备足够的基础知识，又怎么能把新的信息融入自己的知识体系呢。”

这种观点可以理解。但另一方面，也存在一条有力的抗辩：随着社会不断进步，我们会逐渐抛弃一些过时的技能。这是历史进步的一部分。既然我们都不怀念铸字排版术、摩尔斯电码表，或者操作电梯的诀窍，那又何苦要哀悼记忆力的退化呢？

也许记忆力不同于那些职业性的技能。也许对既有知识的储备更为基础、更为关键，需要我们拿出更积极的态度来保住这一技能。

但在此之前，我们就面临过同样的难题——至少是极为类似的难题。便携式计算器开始大行其道的时候，教育工作者和家长们也曾百般担忧学生的笔算能力会有所退化。当时，我们施行基础数学教育已有数百代人的时间，我们是否已经准备好将这门专业技能交托给机器了呢？

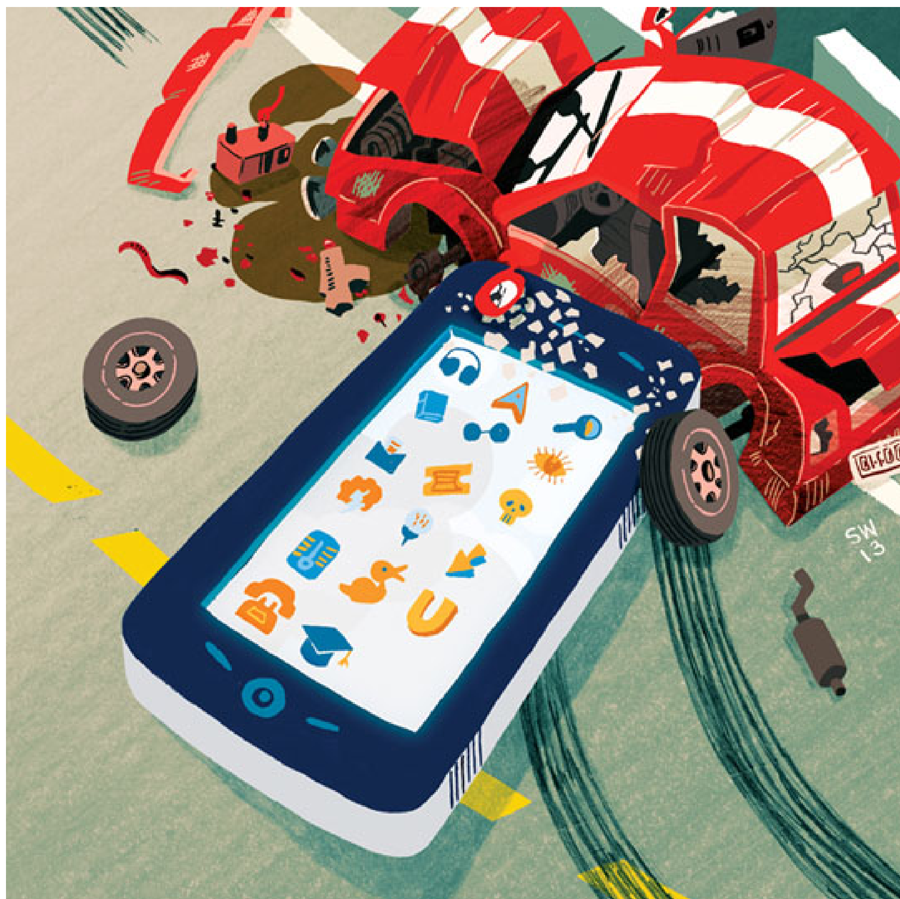
是的，那时我们就准备好了。时至今日，几乎全美的所有院校都允许学生在教室里使用计算器。学校甚至允许——事实上根本是鼓励——学生在SAT（编者注：Scholastic Assessment Test，学术能力评估测试，俗称“美国高考”）考场上使用计算器。

最后，我们推论出（也可能只是使之合理化），决定性的技能乃是分析和解决问题的能力，而非基础运算。反正计算器会一直存在于我们的生活中，那为什么不用它完成那些繁冗的计算工作，为学生留出更多的时间，学习更为复杂的概念，钻研门槛更高的难题呢？

同样的道理，说不定我们很快就会得出结论，认为单纯地熟记基础知识不再是现代学生的学习任务之一。说不定我们应该用智能手机调出必要的相关资料，然后让学生把精力集中在培养分析能力（逻辑、阐释，以及创造性地解决问题）和个人能力（积极性、自控、宽容）上。

当然，这是有限度的。任何时候，我们都需要记住一些信息，比如最基本的运算规则、常用单词的拼写、自己居所的周边环境等，否则，如果每天都要查询这些信息，那也太愚蠢、太浪费时间了。如果没有熟记这些信息，我们在自己的工作、人际关系和交流中，也就干不了多少事情了。

不过，不管乐意与否，我们或许都得承认，除此之外的其他信息恐怕很快就会迎来与书法、卡片目录和长除法相同的命运。至少在我们还没有某种更先进的技术可以将信息直接植入大脑之前，当我们需要获取某些深奥的基础知识时，就只管拿起自己的手机吧。（翻译　薄锦）



专心开车，发什么短信

一些手机应用试图利用语音操作，为驾驶者带来更安全的信息发送体验，但它们失败了。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

最有意思的科技发展，绝非数码产品本身，而是这些数码产品对社会造成的影响。

举个例子，尽管手机革命全面展开已有数十年之久，但我们仍在不断摸索该如何将手机融入我们的生活。在公共场合接听和拨打电话，应当遵守哪些准则？在用餐期间收发电子邮件呢？还有最重要的，在驾车期间使用手机呢？

前不久，我写了一篇文章，谈及摩托罗拉的新款手机MotoX。这款手机就像当今的大部分手机一样，你也可以通过语音来操作它：为你朗读新短信的内容（然后利用语音识别输入回信内容），查收电子邮件，拨打电话。不过，这款手机的功能不止于此——你甚至连一个键都不用按，就可以启用语音控制模式。你只需说一句“OK, Google Now”。这款手机随时都可以接收语音指令，你完全不用触碰它，连看一眼都不用。

显然，这是朝着提升安全性的方向迈出的一步——我曾经这样断定。你完全可以将手机搁在车内的杯架上，双手始终放在方向盘上，双眼始终盯着路况。

不过，不少读者对此表示非常“吃惊”。其中一条代表性的评论写道：“你这是在宣扬驾车时对着手机说话比用手操作手机更安全的谬论。相关研究告诉我们，无论驾驶者的双手在不在方向盘上，双眼注视的是屏幕还是路面，在驾车的同时使用手机，都会比酗酒或吸毒后驾驶导致更多的交通事故。你的脑袋里到底在想些什么啊？！”

我一直以为，在不动手操作的状态下发送信息肯定更安全。毕竟，你得盯着屏幕才能用手打字。你低头看手机时，等于在盲驾一颗速度超过100千米每小时、重达2吨的“炮弹”。

另外，我的读者们所引用的那些研究，测试的行为是分别在手持和免提状态下通话。据我们目前所知，这两种做法同样危险。导致交通事故的并非手持手机这一行为本身，而是分心。从这方面看，美国有11个州通过法律强制驾驶者使用免提方式的做法纯属浪费时间。

但是，这些研究并未涉及我们在此讨论的主题——语音发送信息与手动发送信息的安全性对比。

显然，无论我们如何大力提倡，无论有多少个州立法禁止（截至2013年12月共有41个），还是有人会在驾驶时用手机发送信息。这就跟向未成年人发放避孕套，向吸毒成瘾者发放干净针头的道理是一样的。没错，我们当然更希望未成年人不要发生性行为，吸毒者不要采用静脉注射，但是，他们当中总有一部分人还是会这么做。那么，如果能让他们的危险行为更安全一些，又有什么不好呢？

不过，接下来发生的一些事改变了我的想法。研究人员终于史无前例地将免提发送信息与手动发送信息进行了比较。

美国得克萨斯州农工大学交通运输研究所（Texas A&M Transportation Institute）研究了在3种状态下——手动发送信息、通过

语音发送信息（使用iPhone上的Siri，或安卓手机上的Vlingo）以及完全不发信息，沿闭合路线驾驶的受试者。

研究结果出乎我的意料，也令我感到困惑。不管是手动发送信息，还是通过语音发送信息，结果似乎并没有什么差别。研究人员说：“无论采用哪种方式发送信息，受试者的反应时间都会明显延迟。”在这两种情境下，驾驶者在发送信息时做出反应的时间，都比不发送信息时长了一倍。令人惊讶的是，在此期间，他们用于关注路面情况的时间也会有所缩短，哪怕是在通过语音发送信息时。

这并不符合直觉判断。通过语音发送信息似乎应该比盯着手机看更安全。更何况，相关研究仅此一项，并且仅收集了43个受试者的实验数据。

但如果该研究的结果确实反映了现实情况，那我就在这里书面承认：我错了。

我们已经知道，在免提状态下使用手机通话，与在手持状态下通话的危险性是相当的；而今，我们在通过语音发送信息的问题上，也得到了同样的结论。你在驾车期间，就不应该用手机发送任何信息。你家的孩子也不应该。当然，我也不应该。

这也是我最后一次支持语音发送信息的功能。（翻译　薄锦）



积木式手机是幻想

拼插式设计能解决手机报废问题吗？

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

我们都知道，消费类电子产品的循环机制并不健康。首先，这是一条让消费者为保持手中设备永不落伍而不断烧钱的不归路。其次，人们炫耀新设备的新性能的欲望永无止境，这导致电子产品的设计日益臃肿、繁复。最后，所有那些被我们报废、丢弃的数码产品，总得有一处“葬身之地”。根据美国国家环境保护局（U.S. Environmental Protection Agency）的数据，仅在2010年，美国人丢弃的数码设备就达3.1亿件。这意味着要在垃圾掩埋区内填入总计180万吨有毒、不可生物降解的垃圾。

至少，还是有人对这一问题表示出了关心——准确地说，有近

1,500万人。这是曾观看过YouTube上一部疯狂传播的视频“*Phonebloks*”的人数总和，视频宣扬了出自荷兰设计师戴夫·哈肯斯（Dave Hakkens）的一种手机新概念。

哈肯斯希望世界各地的人们一起来呼吁一种新型的手机，将各类模块化组件——摄像头、处理器、GPS模块、显示屏——像乐高积木一样拼插在一起。

他表示，该系统能让大家完美地打造出自己所要的手机。如果你习惯将资料存储在网上，那么你大可放弃存储模块，换成一块容量更大的电池。如果你是一位年龄较大的人士，那么完全可以取下摄像头，换成音量更大的扬声器。

总而言之，他声称，Phonebloks的概念能够显著减少电子垃圾。你再也不会每隔一年就丢掉一部手机，也许一生只需拥有一部手机，根据你自己的需求来设计，并不断再设计。如果其中的某个组件损坏或者报废了，你只要将这个组件取下来，重新换上一个新的就好。

显然，这一概念挠到了消费者的痒处。它承诺让消费者手中的数码产品始终都能跟上时代，却不必再心怀愧疚地弃旧换新。它还承诺帮消费者节省开销，并让每个人都可以轻松地定制自己的专属手机。

这个概念只有一处硬伤——Phonebloks永远不可能实现。

第一个问题在于结构。如今的智能手机是小型化设计造就的奇迹。为了缩小尺寸、提升运行速度、延长电池续航时间，智能手机的所有组件都尽可能紧凑地排列在一起。以苹果公司的iPhone为例，其内存、中央处理器、图形处理器全都集成在一块芯片里。一部Phonebloks的这些组件之间则会留下巨大的空隙，这对续航时间、运行速度和整机尺寸都会造成致命的阻碍。

结构问题又会引发第二个问题：体积。史蒂夫·乔布斯拒绝在iPhone上使用可拆卸电池的理由就在于此。可拆卸电池必须封装在牢固且规整的空间内，以便用户可以进行安全的装卸。如果手机中的每一个组件都像电池那样，做成完全独立的密封模块，那你最后得到的会是一部十分方正、十分笨重而且十分庞大的手机。

第三个问题则是布局。智能手机需要在有限的空间内容纳多种组件。天线放在哪里才能确保最好的信号接收效果？扬声器摆在哪里才能获得最佳的音质？现在的智能手机工程师们在组件布局问题上可谓绞尽脑汁。Phonebloks在模块排列问题上的自由发挥，则会让你在品质、便

利性和速度上蒙受巨大损失。

第四个问题在于经济性。所有电信运营商们都乐于看到我们每隔一年就丢掉旧手机。事实上，让我们受制于一两年就换一次手机的服务合约，正是他们的商业模式。他们为什么要支持任何可能妨碍他们从“羊群”上薅羊毛的新趋势呢？

最后一个问题是美感。谁会去买视频中展现的那部体形庞大、四四方方、灰不溜秋、全直角设计的原型设备啊？

或许，你会赞赏Phonebloks的概念，希望拥有更多主导权，更大程度地节省开销，降低自己弃旧换新的罪恶感。不幸的是，为此你得付出相应的代价——你的手机会变得又大又沉、又慢又热、又难看又不经用。一些分析师甚至断言，如此反而会制造出更多的电子垃圾，因为消费者会更频繁地丢弃更多的模块。

关于废弃手机的问题，倒也有些好消息。各种迹象表明，智能手机已日趋成熟。每年面世的新型号，性能提升带给用户的惊喜感越来越少。如今，iPhone与三星手机之间决定性的差异，更多是来自它们各自所用的软件——而废弃的软件是不需要垃圾掩埋区来处理的。

即便如此，频繁更新换代和产生电子垃圾仍是两大令人头痛的问题，而Phonebloks绝不是一种有效的对策。不过，至少它让大众开始关注现有的消费类电子产品的循环机制，以及这种机制究竟糟糕到了怎样的地步。（翻译　薄锦）



科技公司，你还信吗

科技公司的允诺也许非常美好，可我们怎么知道，他们会不会出卖我们呢？

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

2013年10月，电信运营商T-Mobile发布了一条震撼业界的消息：从即刻起，当你在美国境外使用T-Mobile的手机网络时，将会获得不限条数的免费短信和不限流量的免费网络。拨往任何国家的电话，均按每分

钟20美分计费。

T-Mobile公司的新套餐改变了一切。它结束了出国就要把手机设成飞行模式，以免遭遇传说中的6,000美元天价账单的时代。我原以为，我的读者们一定都会欢欣雀跃，但是却有人表现出截然不同的反应，人数多得出乎我的意料。“我为什么要相信他们？”他们写道，“电信运营商已经欺骗我们很多年了。”

这并不是科技公司给出的允诺第一次遭遇用户的质疑。当苹果公司给iPhone 5S的“Home”键加入指纹扫描仪时，你大概以为大众的反应会是：“哇，那要比一天被迫输入50次密码快得多啦！”可事实上，大家的普遍反应却是：“哦，行啊。这下苹果公司就能把我的指纹交给美国国家安全局（NSA）了。”

真的吗？你对首部配备了实用的指纹扫描仪的手机，就是这样的反应吗？

这倒也不是多么不合理的事。

在美国，科学技术一度受到大众的普遍尊崇。我们对第一台收音机、第一台笔记本电脑、第一台平板电视啧啧称奇。那时的科技公司都是蓝筹股。一名任职于IBM公司的男士简直就是大家心目中的金龟婿——受人尊敬、被人重视。我们为我们的科技实力和业内的龙头企业感到骄傲。

时至今日，事情却变得不那么简单。我们的科技公司正在面临信任危机。

这完全是这些年来他们自己一手造成的。谷歌公司推出Gmail时，就考验了大家的隐私底线——为你推送与你的邮件内容有关的广告。尽管扫描你的邮件内容的是软件算法，而不是真人，但这似乎并没有让用户感到安心。

随后，一个研究小组发现，在你同步iPhone时，你的电脑会下载你手机上的地理位置变更记录，只要通过简单的指令，就可以访问相关数据（苹果公司很快修补了这一漏洞）。2010年，巴诺书店（Barnes & Noble）在其电子阅读器Nook的产品说明中，标称的重量比实际重量低；2011年，又夸大了Nook的屏幕分辨率。于是一时间，就连产品的规格参数都变得不再可信。

接着又传来消息称，NSA通过微软、谷歌、Facebook、苹果等公司，收集用户的电子邮件、聊天记录以及其他数据。这些公司承认，他

们会配合美国政府偶尔提出的个人数据调用要求，但又坚称他们绝不会向NSA提供样本数量更大的数据。你觉得，他们的声明能让大众对这一消息多少放心一点儿吗？

当然不会。我们是人。我们会从现象中归纳规律。每一条新的头条报道，都会进一步瓦解我们对整个科技商业体系的信任。

当今时代，科技公司尽力尊重——或者起码会去迎合——大众的顾虑。比如，苹果公司在最新版的iPhone软件中，提供了一整套开关选项，数量之多简直令人瞠目结舌，而每一个开关都对应着一款可能需要获取你的地理位置信息的应用程序。

可惜，这恐怕已经太晚了。这些公司的产品实在太复杂了。个人用户根本无从验证，软件的实际运行情况与我们所想的是否真的一致。我们怎么知道，iOS 7里的那些开关是不是真的生效了呢？

每当一家公司遭到曝光时，我们都只能假定，这不过是冰山一角。这些公司恐怕要用好几年的时间，才能重新获得我们的信任。

不过，这种“我再也不信他们了”的声音，我们听到得太多了，而且这也不是科技公司独享的“待遇”。曾几何时，我们不也一样学会了不再信任美国的政府、美国的警察、美国的医院、美国的报纸、美国的药物，还有——老天作证——美国的电话公司吗？

这实在不妙。猜疑意味着充满戒备的生活，意味着精神能量持续消耗，意味着安全感缺失以及幸福感下降。并且，当终于有一家科技公司传来真正的大好消息时，我们可能已经再也无法感受到那种单纯的喜悦了。（翻译　薄锦）



电子阅读器困难重重

电子书远未成熟到可以取代纸质书的程度。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

2010年夏天，亚马逊公司公布了一个惊人的消息：它销售的电子书数量首次超过了精装纸质书，而且这个势头一直延续下来。

现在看来，这条新闻还应该配上至少半页注脚：亚马逊提供的仅仅是电子书与精装书销售量的相对比例，而不是实际成交额；它也没有提到最畅销的电子书仅售10美元，相比之下，同一本书的精装本可以卖到25美元；亚马逊对占绝大部分销售量的平装书也只字未提。

从另一方面看，这条新闻似乎宣判了纸质书的死刑，我们文化的一缕灵魂也将随之而去。手捧厚实图书的满足感，翻过书页的乐趣，在地铁里吸引眼球的漂亮封面……这些都将不复存在。但是，现在为纸质书准备葬礼还为时过早，原因有三。

首先，人类总是低估实现想象中的技术所需的时间。2001年已经过去很久了，但我们仍不能像《2001：太空漫游》描写的那样轻而易举地

在星际漫游。而按《终结者》的说法，政府的天网计算机早在13年前就应该接管我们的核武器了。如果要让《银翼杀手》里2019年的黑暗社会变成现实，我们还得大幅加快科学进步的步伐。

其次，当这些技术变革真的发生时，人们往往不会完全抛弃现有技术，而是让新旧技术并存。电视没有像大家预想的那样消灭无线电广播，电子邮件也没能彻底取代书信，无纸化办公也许永远实现不了。基于同样的理由，电子书也无法完全取代纸质书。

最后，电子书还面临着第三个问题：电子书技术自身并不成熟。

如今在美国可以从各处买到电子阅读器，亚马逊、巴诺书店、索尼等。阅读器价格也经历了大跳水——2007年买一台Kindle要花400美元；而如今升级版的价格也比这低得多。

但是，阅读器的价格还是很高，你会因为它们丢了或者被偷而郁闷不已。它们还比纸质书脆弱得多。而且当电池耗尽时，你就会无书可读。

还有一个因素是，大多数电子阅读器采用了电子墨水屏幕（e-ink）。电子墨水看上去像是浅灰色纸上的黑色墨迹。它不需要背光，也不刺眼，甚至不需要关机，因为电子墨水只在翻页时耗电。电子墨水屏幕在翻页时会产生一个短暂的电荷力，把数百万小颗粒排列成字母的图案。这个图案会一直保持，取下电池也不会消失。

但是电子墨水的缺点是反应慢。屏幕在翻页的时候需要先擦除上一页的内容才能显示下一页，因此会产生恼人的“黑—白—黑”闪烁。在某些阅读器上，这会花掉整整一秒。要是你正读到这么结尾的一页，“他把引爆器从燃烧着的残骸中扯出来。现在只有一样东西可以拯救人类了，那就是……”这种中断就令人抓狂了。

然而，最大的问题还在于电子书自身。出版商坚持电子书必须具有防拷贝保护功能。可以想见，不同的公司会采用不同的防拷贝保护方案。这意味着你无法在巴诺书店的Nook阅读器上阅读Kindle电子书；也不能在iPad上阅读索尼阅读器格式的电子书。

今天我们可以阅读200年前的纸质书。但是在200年后，甚至仅仅20年后，能够阅读现在的电子书的概率几乎为零。

显然，你没办法把一本读过的电子书赠送给孩子，也没法送给朋友。你不可能转卖或者送出电子书。这种情况看上去并不合理，为什么不能像实体书那样把一本电子书传递下去呢？你一样为它付了钱，不是

吗？

毫无疑问，电子书的销售量还会继续攀升。显示屏技术也会不断进步，价格也会越来越低。理论上，那些信奉勒德主义（勒德主义者：19世纪初英国手工业工人中参加捣毁机器抗议资本家的人，现在引申为反对技术进步的人）的出版商们在防拷贝保护上也有可能放松限制。

在今天打出“纸质书已死”这样的标题，还为时过早。（翻译　王超）



密码无须处处有

在一个被各种荒唐的安全政策所淹没的世界里，很高兴还能看到几座理智的岛屿。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

安全很重要，但搞清楚安全的动机并在安全性与便利性之间做出取舍也同等重要。

大家好像都没怎么琢磨过密码这东西。毕竟，密码的用途挺显而易见的，不是吗？你需要给银行账户设个密码，好让别人用不了你的钱。你需要给电子邮箱设个密码，好让无关人士无从获知你的内部资讯。

不过让我惊诧的是：女儿告诉我，她们学校刚制定了一项新的安全措施。该校学生今后所设的密码，最短必须为8个字符，其中必须同时包含字母、数字和标点符号，且不得出现任何一个英语单词的拼写组合。系统还要求学生每30天就得重设一组新密码。

你能猜到这组密码是用来保护什么内容的吗？给小学五年级学生下

载家庭作业的网页。

没错。以上所有的不便和麻烦，都是为了确保学生们这星期的阅读书目不会被某个变态狂看见。

接着是我最近合作过的一家影视制作公司，他们雇用了一名新的技术人员。此人入职后干的头一件事，就是声称公司的现有网络并不安全。他规定今后将不再由公司员工自行设定密码，而是由他提供。新密码长达12个字符，由英文字母随机组合而成，并且每个月都要更换。他还屏蔽了聊天软件、电邮附件和YouTube。

那么这家制作公司变得更安全了吗？这还真不好说。他们还没碰到过任何黑客入侵事件——当然，在这以前他们也从来没碰到过。不过变化还是有的。如今，他们的员工都在手机上看YouTube网站的影片，用Gmail获取附件，在即时贴上记下自己那串背都没法背的密码并贴到电脑显示器上。劳苦功高啊，安全哥。

当然，我要说的是：安全很重要，但搞清楚安全的动机并在安全性与便利性之间做出取舍也同等重要。那些无关紧要、不具危害性的单位机构，有时被当成诺克斯堡（美国的国家金库所在地）一样严防死守，到头来挨整的不是别人，反而是他们的合法用户。而另外那些单位机构，像索尼、花旗银行、洛克希德·马丁公司，又显然防范得不够（就在2011年春天，这几家的计算机系统都遭到了非法入侵）。

其实还是可以设计出一套兼顾安全性与便利性的系统的，只要你有些脑子。比方说，你如果以奥米尼酒店“特许宾客”常住计划会员的身份在他们那里订了个房间，只要直接前往酒店柜台说出你的名字便可登记入住。他们会把房间钥匙交给你，并对你说：“晚上好，XXX。祝您住宿愉快。”

他们不会要求你出示身份证。他们不会说：“请让我登记一下您的信用卡，以便结算额外费用。”他们不会在电脑键盘上敲上5分钟。他们不会问你任何问题。没有任何形式的审核。他们只是为你准备好房间钥匙，然后直接交给你。

他们怎么能用这么松懈的安全措施蒙混过关？难道就不会有什么坏人假扮成你冒领钥匙，爬上本属于你的酒店房间内的大床？

在奥米尼酒店简捷入住服务的历史上，从来没有发生过类似的状况。原因何在？因为坏人并不认识你，并不知道你在酒店订了个房间。就算你真的发现有人占用了你的房间，只需出示一下身份证，所有问题

便迎刃而解。

我还可以再举一个例子：你在苹果的在线Mac应用程序商店购入一个程序后，该程序将自动下载并安装到你的Mac系统里。系统不会提示你输入系统密码，你无须点击任何安装窗口，没有任何有关软件下载自互联网的警报。

难道苹果不更应该为安全性担忧吗？不需要，因为他们是动过脑子的。交易的双方均处于他们的控制之下。他们并不担忧病毒和恶意软件的存在，因为这是由他们自己提供的软件。他们也没有必要询问你是否想要安装软件——你当然要装。（不然你买它干什么？）

换句话说，无论你是管理员、设计人员还是消费者，都值得考量一下安全性与便利性的取舍问题。密码有其用武之地，但不是随时随地。（翻译　薄锦）



电脑里的幽默精神

程序员们还在往日常的软件里塞入幽默的宝藏。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

谷歌地图的测距单位选项提供了3套体系：公制、英制与“极客制”（I'm Feeling Geeky）。如果点击第三个选项，你会得到一长串……呃，不怎么常见的单位列表，包括秒差距、波斯腕尺、奥运会游泳池等。

还有苹果Mac OS X的语音朗读功能，能让你从数十种不同的真人嗓音中任选一种为你的Mac配音。每种嗓音都会念出一句搞怪的示范台词。Fred的嗓音会说：“我当然乐意进驻这台美妙的电脑内部。”抖抖索

索、半神经质的Deranged噪音会说："我需要去度个大长假。"听起来就像外星人的Trinoids噪音会说："我们无法与这些碳基单元交流。"

在YouTube网站上，如果你暂停播放当前视频，同时按住键盘上的"向上"与"向左"两个方向键不放，就能调出一个贪吃蛇的神秘游戏来。试着用方向键控制这条蛇，让它越吃越大吧，千万小心别吃到自己身体了。

以上各项应用中，这几支大型开发团队的程序员向我们展示了他们幽默的一面——这种幽默感通过了委员会的审核，得到了律师的放行，最终呈现在大家眼前。

想当年——10或20年前——这类在软件中投入的娱乐精神更为普遍。众多软件工程师均以在自己的代码中嵌入千奇百怪的笑料、奇思异想和复活节彩蛋（用超乎想象的按键组合触发的隐藏惊喜）为傲。一部分是出于单纯的骄傲。软件彩蛋常会罗列出开发人员名单——要知道程序员的名字通常不会出现在公众的视野里，甚至不会出现在用户指南里。

深埋于软件内部的幽默，甚至还包含着一些特殊的调侃。譬如在Palm Pilot的原生系统里，程序员罗恩·马里亚内蒂（Ron Marianetti）就编了一段程序，创作出一个出租车的动画形象，其车型酷似大众的甲壳虫，会冷不丁地在屏幕上疾驰而过——意在纪念Pilot的原用名Taxi（出租车）。

公司另一角，他的同事，工程师克里斯·拉夫（Chris Raff），则在该系统内嵌入了一枚自己的彩蛋。如果你用触控笔点住屏幕手写区右下角不放，同时按下一个方向键，屏幕上便会无厘头地跑出一张拉夫与一个朋友在Palm公司年度圣诞晚会上身着晚礼服合影的照片。

硅谷的公司头头们倒是及时地对这种在软件里暗藏玄机的行为蹙起了眉头。部分原因在于质量管理：根据定义，软件彩蛋是一项未经测试的功能。就像一门没有拴牢的大炮，彩蛋在理论上可能干扰到程序中其他更为重要的部分的运行。这一点令大佬们感到不安。

再有就是员工保留的问题。程序员在自己的程序里编入自己的名字时，就其本质而言，等于是在广播自己的技术能力。他们的名字会明明白白地摊在敌对软件公司的猎头面前任其掂量。

最后一点则单纯出于公司形象的考虑。一家像苹果、微软或是Palm这样的公司，都会砸下数百万资金打造自己在公众眼中的某种专业形

象。要是在一场重要的发布会上，有辆不成体统的出租车在屏幕上跑来跑去，那可不是它们愿意看到的。（这样的事还真让Palm公司给碰上了。于是这枚出租车彩蛋很快便被清理掉了。）

如今，个人调侃和异想天开的精神尚存，只不过挪到了新窝：视频游戏和电影——尤其是在DVD电影碟中。软件调侃仍会在主流应用程序中出现，不过相比以前也收敛了许多，而且似乎大多出自苹果和谷歌，特别是后者。

举个例子，苹果的Test　Edit软件的图标里就藏了些个人调侃（把这个图标放大到最大的有效尺寸来看）。或是打开你的Mac的语音识别功能，对它说："给我讲个笑话。"

或是到谷歌里搜索"递归"（recursion），然后点击"您是不是要找……"的搜索建议。又或者在谷歌地球上调出悉尼歌剧院的图片，旋转到临海的那一侧，一位了不起的已故电视名人会在那里等着你。另外，还可以试试在谷歌地图上查询从日本前往中国的交通路线，你会惊叹于谷歌就如何横渡太平洋的问题所给出的建议内容（第42步是骑摩托艇横渡太平洋）。

谢谢你们，无名的程序员们，请将幽默进行到底！你们已经证明了，软件除了提高生产力外，还能带给我们欢乐。（翻译　薄锦）












歇了吧，航空安检

过时的安检制度并不会使飞行更安全，它只会浪费旅客更多时间。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

2001年的“9·11”事件给世界带来了巨大影响，特别是航空业。从那天起，美国政府已经在技术和新制度实施上花费了数十亿美元，最终使飞行成了一个让人纠结不堪的复杂过程。

如果这些都是基于科学和理性的话，批评者们或许就不会把这些新措施称为“安全表演”（security theater）——这场精心策划的“表演”的目的，无非是告诉人们：政府正在采取行动，而不是无所作为。

来看看美国运输安全管理局（Transportation Security Administration）关于携带电子产品的规定吧。笔记本电脑必须从包中取出，然后平放在一个塑料篮子里，但平板电脑、手机、Kindle、照相机和便携式游戏机则不在此列。为什么要区别对待呢？

美国运输安全管理局说，这不仅仅是为了检测爆炸物，把大件物品拿出来，也会让X光更好地检测箱包。尽管如此，只要仔细看看这些规定，就会发现它们有很大问题。比如，根据运输安全管理局的规定，13英寸的MacBook Air必须拿出来，而11英寸的则不需要。

除此之外，机场安检也已经今非昔比了。旧的金属探测仪已经更换为毫米波扫描仪和反向散射扫描仪。它们能检测非金属武器和其他违禁物品——不仅仅是金属制品。许多人觉得，这些机器颇有侵犯性（它们能看透衣服）、价格高昂（每台至少16万美元），而且反向散射扫描仪还有潜在的致癌风险。

操作新设备需要两倍的人手，并且乘客们也要做更多准备工作（口袋里不能装任何东西——连钱包或登机牌也不行）。利用新设备进行安检的速度更慢——尽管运输安全管理局声称检测过程只需要“不到一分钟”，但整个安检过程几乎是乘客通过金属探测仪所需时间的60倍之久。结果，如今一些机场建议乘坐国内航班的乘客提前两小时办理登机手续，这造成的经济损失显然是十分巨大的。

表面上看，我们似乎利用这些机器实现了用便捷换取安全。但是想一想，如果我们真的要“不惜一切代价，用便捷换取安全”，那么为何不干脆禁止旅客携带任何行李，再要求大家都赤身裸体去乘坐航班呢？

最后来看看美国联邦航空管理局（Federal Aviation Administration）的规定：在起飞和降落时，所有电子设备——甚至连耳机和电子阅读器也包括在内——都必须关闭，据说这是为了避免飞机的导航系统受到干扰。

但关于这种担忧的科学证据却并不确凿。理论上说，一些设备发出的信号会影响到飞行器的电子系统。然而，美国联邦航空管理局的新闻发言人莱斯·多尔（Les Dorr）2011年告诉《纽约时报》，“从未有过任何此类设备导致飞行事故的报道”。又是非理性的恐慌决定了数以百万计的乘客需要遵守的规则，这和严谨的科学没什么关系。

作为一名技术人员，我真的不想再接着举例，来说明美国运输安全管理局的其他荒唐规定：你所携带的任何一个容器都不能装有超过100

毫升的液体，但你（还有你的同机人员）可以携带多个这样的小容器；如果你声称装的是婴儿配方奶，那么满瓶的液体也是允许的；一管200毫升的牙膏，即使已经用掉了80%，你也必须扔掉；12岁及以下的儿童，安检时不必再脱掉鞋子……

他们说，所有这些都是为了防止恐怖分子袭击载有100多名乘客的飞机，但为什么对人群更加密集的目标的关注却少得多呢？例如火车站、剧场、体育场，当然还有机场。

美国运输安全管理局对自己的公众形象并非毫无认知，它偶尔也会改善一下乘客体验。如今的机场扫描仪已经不会再把对乘客扫描时产生的“裸体照片”发送给安检人员（现在已经使用软件来检查），另外，目前已经有一些航班和15个机场采用了运输安全管理局的预检测流程（更多航班和机场正在准备实行中），这也会为低风险旅客提供一条特别通道，他们过安检时就不必再脱掉鞋子和外套了。

但总而言之，美国运输安全管理局那些非理性的折中办法和过时的电子产品安检制度，并不能很好地预防恐怖犯罪。事实上，它们让无辜的人们倍感纠结。（翻译　赵旭丹）



有正版，傻子才去看盗版

DVD的消亡正在将观众们推入盗版影片的怀抱。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

电影爱好者们，面对现实吧！DVD已难逃一死。音像租赁巨头百视达（Blockbuster）的连锁店已经所剩无几。在线影视租赁提供商Netflix的CEO则表示：“我们预计，DVD租赁服务的订购者将逐季稳步下降，永不回升。”新出的笔记本电脑甚至不再配备DVD光驱。那电影爱好者们要去哪里租片子看呢？当然是网上。

流媒体视频技术仍然存在若干缺点——比如，它需要高速的网络连接，也需要你留心网络套餐的数据流量上限——不过总的来说，这仍不失为一项可喜的进步。

流媒体视频为人们带来即时满足感——零等待、零操作，外加出色的可移植性：你尽可在那些无处容纳DVD光驱的小型电子设备上观看影

片，比如手机、平板电脑、超极本等。

好莱坞的制片商们按说也能受惠于这一技术。租借影片的方法越简单，愿意租影片看的人就越多。大家租的影片越多，制片商赚的钱也就越多。

可惜，制片商似乎完全没有想到过这些。这简直是白白放走已到嘴边的鸭子。

通过网络租借影片，表面上挺方便，其实问题多了去了。举个例子说吧，当你租下一部网络视频后，往往只有24小时的观看时间，这根本没道理嘛。影片租赁商们不会真的以为，我们今天没能看完的片子，明天还会再去租一次吧？在DVD时代，从百视达连锁店租来的影碟可以看三天。为什么在网上租借的视频就不行？

在网上租借的电影，也享受不到DVD花絮这样的福利——各种删节镜头、不同版本的结局、字幕什么的，哪怕你花的钱跟租DVD的费用一样多。

不过最重要的问题，恐怕还是影片的上线情况。新影片总要等到影院下线数月后，才能在网上发布，这全拜好莱坞的“窗口期”行销体系所赐——这套老规矩规定了每部电影的线下发行模式，比如，首先授权各大酒店播映，接下来是按次付费的渠道，再然后是美国家庭影院电视台（HBO）的电影频道……直到以上各个渠道的播映窗口期全部结束后，你才能在网上租借到。

更不妙的是，有些电影从未进入过网络租赁渠道。比如《星球大战》《夺宝奇兵》《侏罗纪公园》《美丽心灵》《BJ单身日记》《拯救大兵瑞恩》《拜见岳父大人》等等，全都不在主流网络发行商提供在线租赁服务的影片名单中。

没有哪家制片商愿意跟我公开谈论这个话题，所以你要问我为什么这么多主流电影都不能在网上租到，我也没法回答你。显然，在某个有关机构里的某位有关人士拒绝提供相关授权——也许是律师，也许是导演，也许是制片厂的高管。迪士尼的官方网站上是这么回答的：“遗憾的是，我们不可能立刻发行或发售所有影片的影像制品。”呃，好吧。意思就是因为不行所以不行。

老百姓想看电影。任好莱坞有多少法律限制条款，也无法遏止这一需求。制片商们这么做，无异于螳臂当车。

如果你不发布商品的正版资源，你猜怎么着？——大家就只好去找

盗版。自2009年以来，盗版下载网站的访问流量已增长超过5倍，下载量则可望在2016年以前每年增长约23%。为什么会这样？2011年被盗版最多的10部电影中，截至2012年夏本文成稿之际，你猜有几部可以在网上租到正版？答案是“0”。这就是真相：好莱坞的实际行动（比如颁布新法规）恰恰是在鼓励那些他们口口声声要予以抵制的行为。

没错，时代不同了。没错，前景不明令人畏惧。可是对好莱坞来说，并不是没有前车之鉴。音乐产业和电视产业当年也是这样抵制互联网渠道的——各种粗暴打压：防拷贝技术、提升复杂度、走法律途径等等。

他们最后都找到了挽回部分流失利润的有效途径——不是抵制互联网，而是与它合作。音乐产业废除了防拷贝技术，在网上放出了几乎所有歌曲的正版下载，每首售价约1美元。电视产业则在Hulu等网站上提供电视节目的免费视频，靠广告赚钱。

由此总结出来的经验就是：为你的商品提供纯净的正版资源，并且合理定价。这样一来，傻子才要去找盗版，而你就可以继续赚你的钱啦。（翻译　薄锦）



让空调“上网”

想不想节省开支、预防停电？为你家的温控设备配上一部数码遥控器吧。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

这是一个关于技术、科学与善意的故事，它们在故事里的联袂出场将惠及所有人，却不用任何人买单。听起来不太可能？放心，事态比你想的要好。这项计划的设计师——如果你可以相信它的话——可是一家市政服务机构。它就是联合爱迪生电力公司——一家专为纽约市提供电力的公司。

联合爱迪生电力公司正在为用户提供一种可接入互联网的温控装置。这款装置智能、简单，你可以通过互联网或智能手机对它进行在线

操控。比如，当你外出旅行归来之际，可以远程调节家中的暖气或空调，让自己一进家门就能享受到舒适的温度。又或者，万一你出门时忘记关掉屋里的空调，也只需在手机上点几下，就能搞定。

这款温控装置甚至不用接通互联网。它会利用分配给老式传呼机的通信频段，与互联网交换数据。够狡猾吧！

但如果你跟大部分纽约人一样，家里装的不是中央空调，而是窗式空调，那怎么办？放心，联合爱迪生电力公司为你准备了一种新型温控装置。这套智能的空调工具包由ThinkEco公司提供，外形像一根延长线。你只要把家里的空调和它接起来，就能在居所范围内使用套装里附带的遥控器（这部遥控器还能测定室内温度）。此外，这套工具还附带一块USB接口的条状发射器，用来插在你的电脑上，让家里的空调通过电脑接入互联网。如此，你便可利用相应的网站或手机应用，对家里的窗式空调进行设定。

不过，最美妙的是这些设备和服务全部免费。事实上，你还能享受更多福利：签约申请并使用以上任意一款温控装置，联合爱迪生电力公司都会再免费送你一张25美元的礼券。难道他们丧失了一贯让人“爱之入骨”的精明头脑吗？

并不尽然。他们似乎自有一套如意算盘。

能够操控你家空调的人，不止你一个。在天气热到冒烟的用电高峰期，联合爱迪生电力公司会远程上调你家的空调系统。

不过事实并没有你想的那么可怕。联合爱迪生电力公司只会将你家的空调上调两三度（而且2011年他们只调了两次）。此外，他们会事先通过电话、电子邮件或短信提醒你。最让人安心的是，你仍然可以改掉被他们调整过的空调设定。如果你不喜欢联合爱迪生电力公司为你调整的温度，你大可再次调回来。

联合爱迪生电力公司不是销售电力的吗？他们为什么要如此大费周章，降低用户对电力的消费额度呢？试想一下，如果有成千上万的用户安装了这些温控装置，如果联合爱迪生电力公司能整体调高这些用户的空调设置，哪怕只是调高一两度，整个纽约便很可能因此而不必进行电力管制或出现停电事故。

对联合爱迪生电力公司而言，这是一项更大的收益：基础设施成本节支。随着人口的增长，用电需求攀升，联合爱迪生电力公司不得不架设更多的电力设施、更多的配电站、更多的电缆。如果免费温控装置计

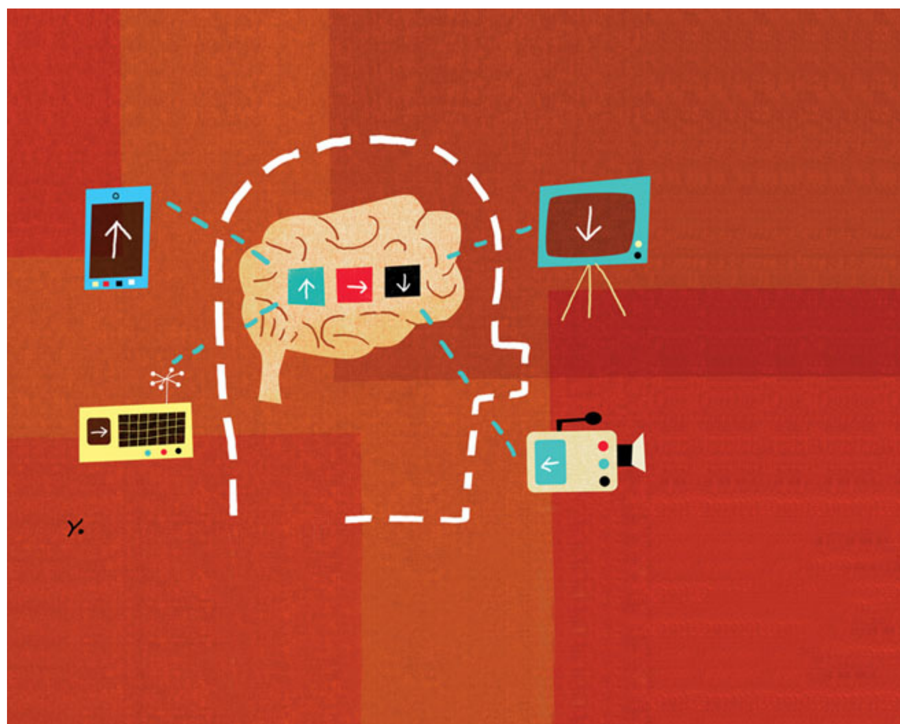
划能让公司延缓两三年支出这项费用，那可就是一笔十分划算的投资。

几年前，联合爱迪生电力公司及其他市政服务机构就已经开始为商业用户提供类似服务。“出现一个需要响应的事件时，我们可以让一两部电梯临时中止运行，”联合爱迪生电力公司负责相关项目的阿德里安娜·奥尔蒂索（Adrianne Ortizo）表示，“我们还可以调暗公共区的灯光。如果企业在我们这里接通了采暖通风与空气调节系统（HVAC），我们也可以定期打开或关闭这些系统。”而企业大厦的物业经理则可因此享受电力及相关设施的价格折扣。

但是，面向个人用户推出这项服务，将是一项影响深远的构想。节约电力支出，可以改善空气质量。政府部门可延缓相关项目的庞大资金开支。整座城市可免于发生停电事故。而你则可获得一台外观拉风的温控装置，从而通过免费应用程序对自己家的空调进行远程控制。

目前，在联合爱迪生电力公司的服务范围内，共有600万台空调机。迄今已有23,000名用户签约使用这套温控装置；联合爱迪生电力公司希望在2012年年内再另外发放一万套。他们可因此节省总计500万瓦的电力输出——而整个纽约市每天通常消耗130亿瓦的电力。相比之下，这点电力节支实属杯水车薪。

不过没关系。任何一项伟大的构想，都得先设法迈出第一步才行。（翻译　薄锦）



用意识遥控电器

别管什么语音控制、手势识别了，电子产品可能很快就会直接听命于我们的大脑。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

噢，真是太棒了——我们可以用语音识别控制手机，用手势识别控制电视。但是这些技术并不是在任何情况下对任何人都好用。所以要我说，就别管那些半生不熟的新玩意儿了，我们真正想要的，应该是“思维识别”。

我在为最近一期《新星：现代科学》（*Nova Science Now*，本文作者在美国公共电视网主持的一档电视节目）收集资料的过程中发现，目前脑机接口（brain-computer interface，BCI）技术在很大程度上似乎还没有取得太大进展。我曾经戴上一副价值为300美元的头戴式商用EEG（electroencephalograph，脑电图机），试图通过在脑中以“构

想”的方式，做出一架玩具直升机。结果基本行不通。

这类“读脑”头盔佩戴方便，而且无创。它们能够隔着头皮，探测人类脑部活动留下的极其微弱的电信号。但在这些电信号具体产生位置的辨识上，它们的表现还很糟糕。此外，这类头盔所用的软件甚至不能判断出我正在进行的“构想”。我只能去“想”一些极为简单的词汇，比如“傻瓜”、“鞋带”、“泡菜”——总之必须是我在15秒的训练环节中想到过的那些。

目前也有一些其他的无创脑部扫描设备，如脑磁图仪（magnetoencephalography）、正电子发射断层扫描仪（positron emission tomography，PET）、近红外线光谱仪（near-infrared spectroscopy）等，但它们也都各有优劣。

当然，你大可将传感器植入对方颅内，从而取得最佳的读取效果。这种方法已经能让丧失行动能力的病人成功地操作电脑屏幕上的光标和机械臂。然而，若只是为了用这种方法来控制各类日常电子设备，恐怕你很难说服人们为此去动脑部手术。

我在卡内基梅隆大学（Carnegie Mellon University）的发现最让我惊艳不已，该校的马塞尔·贾斯特（Marcel Just）和汤姆·米切尔（Tom Mitchell）已经在利用实时的功能性磁共振成像（fMRI）扫描仪进行某种真正意义上的思维读取——或者更严谨地称之为思维识别。

当我躺到fMRI里面后，我在屏幕上看到了20张不同物体的图片（如草莓、摩天大厦、山洞等）。在系统的引导下，我在头脑中想象着每样物品的特性，电脑会试着推断出我刚刚看到的两张图片的顺序（比如，草莓是否排在摩天大厦之前）。推断结果的准确率达到了100%。

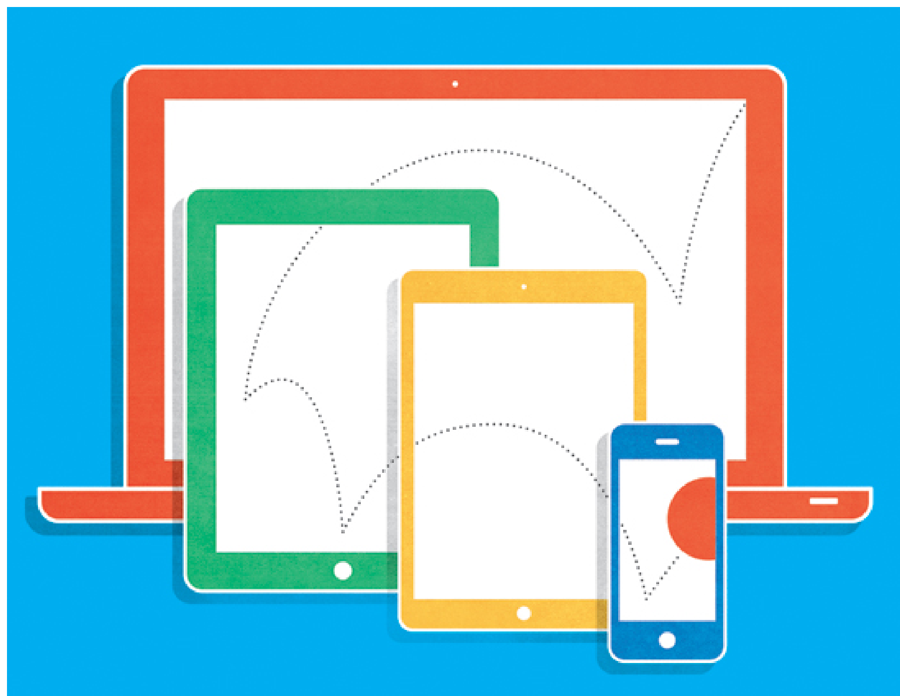
无论我们每个人的母语为何，有过怎样的个人经历，每当我们想到某个特定的名词时，似乎都会“激活”大脑的同一处区域。提到“草莓”，我们可能会想到“红色”、“食用”或者“可以用手拿起”。而电脑知道哪样的特性会激活哪部分脑区。这套系统还能猜出你脑中想到的数字，或者你当前正处于它所知道的15种情绪中的哪一种。

要实现一想到“CBS”就能切换到该电视频道，我们还有太多的研发工作要做。在当前初期阶段，大部分BCI研究都集中在如何帮助残疾人士获得行动能力，或是如何测谎这些方面。而这些研究正在引发大量关于伦理、隐私及可靠性的讨论。如果有一天，思维识别真的被应用到电子产品中，势必也会引发其他难题。比如，在利用思维输入撰写电子邮

件时，如果思想开了小差，会出现什么情形？如果夫妻两人分别想到不同的电视频道，最后会以哪方的思维为准？有谁会为了调整音乐的音量，而甘愿进行一次功能性磁共振成像（fMRI）扫描？

贾斯特对此却并不担心，这位卡内基梅隆大学脑认知成像中心（Center for Cognitive Brain Imaging）的负责人告诉我：“我们的机器确实是个庞然大物，但是总有一天，会有某位生物物理学家开发出某种十分小巧的设备，操作原理也可能跟我们的不太一样。”眼下，要判断BCI会在何处靠岸，或会在何时起飞，都还为时尚早。我们也不用为此担忧。毕竟，第一个发明出轮子的人，恐怕未必能立刻想到阿西乐（Acela）特快列车、过山车、滑板这些新事物吧。

反正，我的思维被读出来了，我也是该项技术的信徒。我相信，思维识别技术会越来越先进，现在数百万美元资金也正投入到对该项技术的改进中。也许，以后的人一出生，体内就会被植入一个脑电波遥控器呢！（翻译　薄锦）



微视频的“微”魔力

为何GIF动画及其他形式的原始视频仍然占据着整个网络？

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

自从人类发明电影以来，视频技术的发展始终稳健地沿着一个固定的方向不断进步，即更高的分辨率、更高的帧数、更丰富的音效。

然而在网络上，情况却变得有些怪异。如今，用户反应最热烈的网络视频往往并不是大尺寸、锐利和流畅的，而是小巧、有停顿感的，分辨率通常较低，而且大多无声。

展品A：GIF动画。这种文件格式能够创建出小巧但色彩有限、不断循环播放的无声视频，由CompuServe公司于1987年发明。在Flash、QuickTime、AVI及其他新型的视频格式问世之前，GIF动画便是早期在网络上发布动态图像的一种途径。许多GIF动画走红了整个网络：跳舞的婴儿、飞扬的美国国旗、好笑的猫咪，还有MySpace网站上的大量图

片。

奇怪的是，26年后的今天，这种局限甚多的“老古董”却依然健在。事实上，这些画面不够连贯的短片，盛行程度更甚以往。在Tumblr和Reddit等最受欢迎、集纳“网上最酷内容”的网站里，GIF动画可是绝对主角。它们仍在借助电子邮件签名的形式广泛传播。这实在是令人莫名其妙——就像Betamax（一种盒式视频录像机，诞生于20世纪70年代中期，到20世纪80年代中期之后就逐渐退出历史舞台）突然卷土重来一样。

展品B：Nikon 1相机，这是尼康公司中型相机系列中的旗舰型号。大部分相机上的模式转盘都会提供各式各样的预设情境，而这款相机仅提供了4种选项，其中一种为“动态抓拍”（Motion Snapshot），可以拍摄时长一秒的无声视频。不知为何，这款相机竟然成了最畅销的型号。想必尼康公司早就料到会这样吧。

展品C：Vine，这是一款iPhone应用程序，可以让你拍摄一段时长6秒的视频，并将其发布到Twitter或Facebook上。

谁会使用一款功能如此有限的工具呢？答案是“所有人”。Vine轰动一时。整个网络上充斥着上百万部短片，企业用它发布广告和大赛，电视节目《乔恩·斯图尔特每日秀》（*The Daily Show with Jon Stewart*）则用它来制造笑料。

怎么回事？我们期望视频更好、更大、更明亮的要求到哪里去了？

理论1：技术局限性。画面够大、画质出色的视频会占用很大的带宽，用在手机上还会产生不菲的费用，在其他设备上则需要不少的时间来加载。小巧、画面不连贯的短视频足以传播相应的信息，加载过程几乎即时完成，而且不会让你多花钱或者浪费时间。

GIF动画还有一个优点：你可以把它们发布在几乎任何地方，包括留言板和个人头像栏。几十年来，它们在世界上的每一款浏览器和几乎每一款电子产品中都能播放——若是换成Flash这类更新的格式，可就没人能保证这一点了。

理论2：局限性孕育创造力。Twitter正是这一理念的标准写照：字数上的硬性限制迫使你将信息撰写得更简洁、更富创造性。对于Twitter上每一条信息不能超过140个字符的限制，大部分用户毫无怨言，他们欣然接受了这条规则。正是这种短小精悍令Twitter形成了一股天然的力量。

显然，浓缩也是Vine取得成功的一个关键。拍摄一段时长6秒的视频，看起来或许十分容易，但要在如此短的时间内讲出一个故事，需要善用思考和独创力，最后大家做出的作品中，有些简直堪称杰作。你还可以把许多张照片组合成一段Vine视频，有些采用定格手法（stop-motion）制作的Vine视频给人留下的印象格外深刻。

理论3：不应该与视频进行比较。说到底，这些数量日益庞大的原生态短片或许并不神奇。当然，若与我们在电影院、电视机甚至是YouTube上看到的影像画面相比，这些短片不过是小巫见大巫，但是鉴于电影都是真人实景拍摄出来的作品，恐怕没有多少部能做到短片这般的短小精当。

事实上，摄影的意义在于捕捉一个单独的瞬间，经过精心审视后加以呈现。说到底，这就是一段时长只有几秒、不断循环播放的视频能够取得非常出色效果的原因所在——这些视频拓宽了静态图片的表现力，从中激发出不计其数的新可能、新瞬间和新故事。或许，我们最好把微视频看作静态图片的升级版，而不是视频的简化版。

网络微视频也可能既不属于图片，也不属于视频，而是某种介于两者之间的事物，拥有自己独特的艺术价值。或许它只是一种全新的表达方式。

而认识到这一点，花了我们26年的时间。（翻译　薄锦）



把智能设备穿在身上

一位富有创造力的发明家认为，方便实用的可穿戴装置马上就要迎来爆发式发展。

撰文　菲利普·卡恩（**Philippe Kahn**）

如果你穿戴上睡眠监测仪，看起来会显得很笨拙，并且顺便说一下，你可能会选择不使用它，尽管使用这种装置可能改变你的睡眠方式。这有点像海森堡的不确定性原理：实验结果视观测者而定。如果睡

眠监测仪装有电极和电线，它看起来就像来自于弗兰肯斯坦（科幻小说《弗兰肯斯坦》的主角，一个制造出怪物又被自己所造出的怪物毁灭的医学研究者）的实验室，你可能每次穿戴它的方式都不一样，而它所收集和报告的信息则有可能受到影响。

近年来，可穿戴技术取得了很大的进展。现在，传感器技术的改进使我们可能设计出这样一些可穿戴装置，这些装置使用起来非常方便，以至于我们完全感觉不到自己正在穿戴它们。这些可穿戴装置的发明者（包括我自己在内）正在努力使传感器更为小巧、精度更高、电池使用寿命更长。其目的在于提供出色的用户体验。

传感器正在一些重要方面得到迅速发展。作为工程技术人员，我们正在将更多的功能融入到每个传感器中。我们正在将加速度计和陀螺仪整合到一起，以缩小其体积并降低其功耗。我们也正在使用新的传感器融合算法，这些新算法能检测到通过传感器的数据流，以及在传感器之间的数据流。例如，Jawbone公司生产的UP腕带，是一种24小时监测仪，用于分析睡眠和觉醒活动模式（由本文作者所在的研究团队负责其硬件基准设计，并制作固件和其他组件）。该监测仪的设计旨在朝着“量化自我”（quantified self）的方向迈进，这将改善每个人的健康状态。该设计着眼于款式新颖和坚固耐用，因而你在淋浴时也能戴着它。当你检测自己的睡眠模式时，就会发现，你的睡眠丝毫没有由于穿戴某种奇异装置而受到影响。

如今的智能手机都装有捕捉图像、运动、磁场、地理位置和距离的传感器，但是这些传感器往往被单独使用。有了传感器融合技术，我的手机就能检测到我的状态，比方说能检测到我正在轿车内，这样便大大改善了我的用户体验，因为我的手机能自动地激活与这一状态最相关的那些功能。当我下了车，去跑步，或者去睡觉，或者去做许许多多各种各样的事情时，我的手机就成了一只“变色龙”，能自动适应这些变化。像苹果手机（iPhone）、智能手表（Smart Watch）或谷歌眼镜（google glass）这样的装置有可能成为我们自己的个人通信工具，让其他可穿戴装置在此整合。

上述进步背后的技术已经存在了相当长一段时间。10年前，我们便开始研发Jawbone公司的UP腕带的各种组件，其中包括从终端到终端的组件、电源管理系统和优选发动机等。我们早在2005年就开始的原始设计中，就已经设计了通过无线连接与手机同步的腕带，并且采用手机实

时显示腕带的检测结果。可是，为延长装置上电池的使用时间所需的蓝牙低能耗技术目前才刚刚成熟起来。正如拍照手机发明出来之后，用了15年的时间才被完全推广开来一样，我们现在同样处在让可穿戴装置完全推广开来的浪尖上，这些可穿戴装置能在很多方面为我们提供服务。

可穿戴技术最有前途的一些应用可能在疾病监测、预防、治疗乃至保健护理方面。对于肥胖、睡眠呼吸暂停、糖尿病、心脏病或阿尔茨海默病之类的慢性疾病患者而言，可穿戴式医疗装置可以大大提升其生存质量，并能提供一种有效方法，帮助控制流行病蔓延。可穿戴式医疗装置为引进新一代治疗方法提供了一个极好的机会，这些新方法包括许多更有效的个性化处方剂量和输液供药方式。例如糖尿病补丁（diabetic patch），它能在最佳时段释放药物，同时还提供一种个性化的最佳剂量，使治疗方法和治疗效果都得到改善，糖尿病补丁是继胰岛素泵之后的一种新疗法。现在，我们有机会用我们的知识产权和技术彻底改善许多人的健康状况，并为一些全球性挑战提供有效的解决方案。（翻译 詹浩）



软件续租伤不起

如果你想使用某款软件，就得在今后的日子里为它掏钱——月复一月地掏钱。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

你无法永远取悦所有人，科技公司比谁都清楚这条道理。任何一项细微的变动——变更布局、改动某个特性的工作机制、更改相应的系统需求，都会踩到某些用户的雷区。哪怕最终的结果是进步的，但是只要给用户带来哪怕一点点的不满，也会成为企业的一项运营成本。

不过，显然你也完全可以立刻激怒你的所有用户。Adobe公司在2013年春季宣布将停止销售Photoshop、Illustrator、InDesign及旗下其

他专业设计软件就是一次很好的尝试。这些软件今后将仅供租用，要求用户按月或按年持续付费。

这个“使用软件须订阅”（software as a subscription）的理念正在流行起来。2013年上半年，微软公司（Microsoft）开始针对旗下的Office套装软件（包含Word、Excel、PowerPoint），推出年费100美元的订阅服务，虽然你也可以像以前那样一次性付费购买整套软件。IBM、甲骨文（Oracle）等公司面向大型企业提供的企业级软件，也早在数年前就采用了仅可订阅的模式。

那么Photoshop用户的怒火究竟是从哪里烧起来的呢？

Adobe公司指出，一年一次重大升级的软件更新周期——这是只能依靠软盘或光盘将软件递送到用户手中的那个年代遗留下来的产物，已不再让人受益。通过软件租用计划，就有望在一整年中为用户提供稳定的增值改进。相比于坐等下一年的新版上市，你难道不会更希望新特性在开发出来后立刻就可以使用吗？这是值得付费的，对不？

可是费用方面的情况如何呢？Adobe系列软件会让你掏更多的钱——当然只是在某些情况下。以往，你可能需要花600美元购买一套Photoshop，每年的升级费用为200美元，但你可以选择暂时不升级，旧版软件照用不误。如果你5年后才升级一次，那你只花费了800美元，相比之下，租用则要花费1,200美元。

另外，软件订阅模式对于非专业用户而言更划算，他们只需花费30美元，就能租用一个月的Photoshop，起止时间完全可以视需要而定。而那些要用到全套Adobe Creative Suite组件的专业用户就更赚了，他们只需花费50美元，就能使用整套组件一个月。

所以，引发用户不满情绪的，不见得是价格因素。不，更重要的因素其实是另一个还没有人提及的问题——从购买到租用的转变。

按月付费本身并没有什么问题。我们每月支付有线电视费、网费、电话费、煤气费、电费、杂志费以及分期贷款等费用时，眼睛都不带眨一下的。我们甚至不反对按月付费来享用数字化服务。毕竟，在线媒体租赁商Netflix可是有3,600万用户开开心心地按月付费的。那么，区别何在呢？

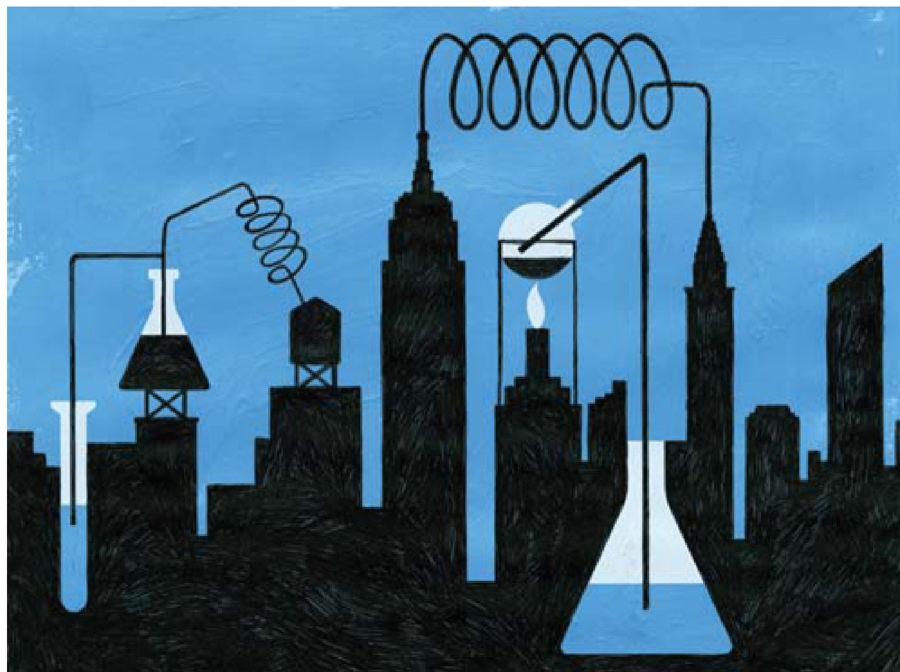
答案就是——花钱买到了看得见的东西（visible deliverables）。

我们是很乐意按月付费的，只要我们能够看到自己将因此而获得什么——电视节目、电影、暖气、冷气，或者文章。但是按月付费租用软

件，给用户的感觉就不太一样了。我们下载了一款软件，它就存放在我们的设备里。每个月我们都要付费才能使用它，但是我们并没有获得任何额外的回报。这就是Adobe订阅模式有别于IBM和甲骨文公司那些企业级软件付费模式的地方。后者会同时提供一群顾问及培训师。你能够直观地看到你在付费后所换取到的服务。

也许，Adobe公司计划对软件进行非常频繁的、持续性的升级，让我们最终能够认可这是一项值得持续付费的服务。但就目前而言，他们提供的是一组几乎不变的代码，却当做有线电视或手机服务那样一直更新内容的产品，让用户持续付费。我们意识到了这种让人一眼看穿的模式的致命点——用户完全搞不清楚自己的钱花到哪里去了。

怪不得我们会为此感到不安，无论是在理智上还是感情上。Adobe公司拥有足够的市场份额，尽可恣意行事，但这并不意味着用户不会弃它而去。我们只能希望其他公司能够睁大眼睛，吸取教训，然后确保他们旗下的产品仍然可以一次性付费购买。（翻译　薄锦）



群英云集　纽约生辉

纽约市吸引科技精英的举措，为其他城市树立了一个榜样。

撰文　迈克尔·彭博（**Michael R. Bloomberg**）

200年前，依靠天然优势便足以打造出一座大城市了。当时的城市往往建在河川交汇处，或沿着风平浪静的海湾铺开，以便通过辽阔的大洋发展商业与贸易。但那样的时代早已一去不复返了。如今美国最大的竞争优势在于它那吸引全球各地精英人士纷至沓来的几大特色元素：自由、多元、包容以及活力。

纽约之所以会成为世界上最大的都市，是因为纽约人敢想敢干。如今我们再次高瞻远瞩，推出了一项刺激经济增长的政策，它完全可以跻身于纽约市漫长历史中最具潜力的经济发展工程之列。

2011年夏天，我们面向大学发布了一项招标计划，准备拿出纽约市的黄金地段外加1亿美元的基础设施升级配套资金来换取它们的一项承

诺——在纽约市打造或扩建一座具有世界水平的科技与工程园区。

这并不是政府首次出让土地并提供资金促进大学发展。1862年，美国政府制定了一项旨在创建新大学的土地出让政策。当时林肯总统和美国国会正想方设法促进农业和工程等领域中革新与专业知识的发展，因为他们深知这几个领域对于推动美国经济增长具有至关重要的作用。康奈尔大学、麻省理工学院、加利福尼亚大学伯克利分校、密歇根大学以及其他许多一流大学均是土地出让政策的产物，而这些大学所带来的，则是助推美国发展成全球最大经济体的众多工程发现。

在历史上的大部分时间里，纽约一直是美国和世界的技术之都。1806年，罗伯特·富尔顿（Robert Fulton）建造了第一艘具有商业应用价值的轮船，从而开创了让未来若干代无数纽约人能够找到饭碗的海运行业。富尔顿、莫尔斯、辉瑞、贝尔以及其他许多人的发现和革新推动了众多产业的发展，为一代又一代的纽约人提供了就业机会。纽约之所以成为美国的经济火车头，是因为纽约的创业者最富有革新精神，他们的创意和投资把纽约市打造成了称雄全球的技术中坚。

然而，尽管拥有革新的传统，纽约仍与大多数美国城市一样，在国民经济出现根本变化之际不得不奋力苦斗。面对延续数十年之久且曾一度危及美国城市未来的经济发展动向，我们的建议就是，开展迄今为止最为大胆的尝试，即通过增强纽约的应用科学实力来抵消此动向的不利影响。

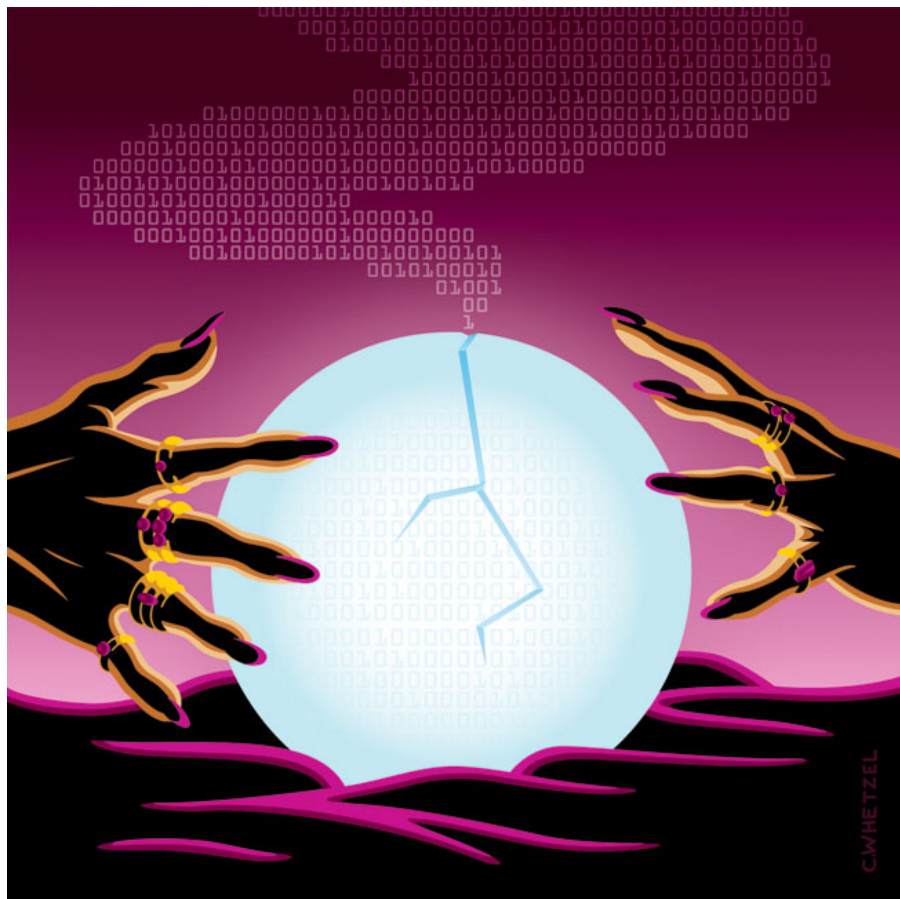
1966年到2001年间，纽约市制造业的工作职位由80万个萎缩到15万个。约4/5的职位不复存在，其中大多数是不需要高等教育的中级职位。纽约市的形势比美国全国总体状况要好很多，但纽约的经济走向却越来越多地要看华尔街是狂涨还是暴跌。

我在2002年就任纽约市长之际，即承诺要推动纽约经济走向多元化，而当2008年市场遭遇雪崩时，我们决定大幅加强对这一方针的投入力度。我们与经济界各大行业的业界领袖会晤，以了解我们还可以采取些什么措施来提供帮助。我们调查了企业老总、实业家、大学校长及其他一些大老板，看看他们最需要什么，而我们听到的则是几乎千篇一律的同一个调子：技术实力是经济增长的关键，但纽约的技术力量恰恰不够。

过去几十年，波士顿和硅谷等地先后超越纽约，成为美国的革新中枢。不过，这一趋势现在已开始扭转过来。2010年纽约力压波士顿，成

为美国高科技新兴企业获得风险资本融资第二多的城市，仅次于硅谷。而波士顿之所以历来位居纽约之前，主要就是因为它拥有一批实力雄厚的科研单位，特别是麻省理工学院。该学院每年都推出大量技术研发成果，催生了众多的新兴高科技企业。事实上，麻省理工学院毕业生们创办的那些生机勃勃的企业，年营收总额高达2万亿美元，几乎与世界第七大经济体巴西的GDP不相上下。

我们估计，在纽约市新建一个应用科技园区，开园后头30年内即可培育出约400家新兴企业，创造7,000多个建筑业工作岗位和22,000多个固定职位。纽约市出台这样一项重大的应用科技与工程发展政策，将有助于确保该市在未来几代人的时间里，稳居美国革新型经济增长的前列。（翻译　郭凯声）



未来是傻瓜的

未来科技预言家守则二三条。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

身为一名科技领域的专栏作者，老是会被人问到未来的科技趋势。好吧，谁不想知道未来都有些什么呢？不过要是让我预言一下政治形势或专业垂钓大赛，我应该会更有把握一些吧。因为再没有哪个领域能比消费科技的更新换代更快，更变幻莫测了。

任何一个试图趟科技预言这道浑水的家伙，到头来的下场都难免被贻笑大方。你肯定曾在电子邮件里看到过不少类似如下的言论：“我认为计算机的全球市场总量也就五台左右，”IBM总裁在1943年如是说。“电

话这种设备的缺点太多，很难真正将它视为一种通信工具，”美国西联电报公司1876年的一份内部备忘录中如此记载。“什么人会想要有声电影啊？”这是哈利·华纳（Harry M. Warner，那对华纳兄弟之一）在1927年的诘问。

倒不是任何形式的预言都会令你身陷窘境。预言某样事物无从实现或者全无前途时，才会危机四伏，这一类的预测可能会凸显你的鼠目寸光。

大体而言，更为保险的做法是预言将会有哪些事物出现。若是言中，便能彰显你的英明睿智。就拿儒勒·凡尔纳（Jules Verne）来说，他就曾在作品和创作里描写过“电动潜水艇”、“电视新闻”、“太阳能帆船”、“可视电话机”（视频通信）、“天空广告”（空中文字）以及“电子制伏装置”（电击枪）。类似的还有亚瑟·克拉克（Arthur C. Clarke）笔下的“新闻垫”（iPad）、雷·布雷德伯里（Ray Bradbury）笔下的“海螺状无线收音机”（入耳式耳机）、艾萨克·阿西莫夫（Isaac Asimov）笔下的“便携式计算器”，以及乔治·奥威尔（George Orwell）笔下的“安保摄像机”。若你预言落空，又有谁能说你什么不是呢？毕竟，如果你预言的是某种仍未实现的事物，你永远都可以用“暂时”二字搪塞过去。

所以说，预测科技走向的守则之一就是：预言哪些事物可能实现，而不是不会出现。例如，黑白格式总会向彩色演进——照片、电视、电影。因此若在1970年，你大可胸有成竹地预言彩色报纸的普及。

守则二为：历史总在重演。经验表明，来来回回，反反复复，总有某些趋势不可避免。模拟格式总会数字化——音频、视频、照片都将如此。因此在1990年，你尽可高枕无忧地预言数字电视与电子阅读器的春天。众所周知，互联网正日益普及，可接入网络的小型电子设备也多了起来。因此，你大可安心描绘一番汽车、厨房电器、服装等当前并未接入网络的物品普遍入网的未来景象。

若你非要预言某些事物的消失不可，那就紧跟住大势所趋的方向来推断吧。看看近年的大学生们都是怎么生活的，并假定他们就是未来的主流。他们不订报纸、不装座机、录影时不用摄像机而用相机甚至手机，影片全靠下载。他们期望获得自己所需要的一切——歌曲、书籍、杂志、报纸、电视节目、电影——你的预言若与大流背道而驰，可就蠢到家了。

不过要是具体到产品呢？有没有办法预知我们到了2020年都会在身

上带着什么？有没有人能预见哪些产品会成为下一个iPhone、iPad或Wi-Fi　？恐怕没有。否则，就不会有电子产品公司推出微软Zune、黑莓PlayBook、铱星卫星电话这类败笔之作了。

话说回来，幸亏我们无法预知未来科技——这意味着我们会继续摸索。无从得知某样事物是成是败，我们才会不断创新。艾伦·凯伊（Alan Kay，他在1968年提出便携式计算机的概念）说得好："预测未来的最佳途径，就是把它创造出来。"（翻译　薄锦）



科技产品的繁冗之痛

砍除多余的操作步骤，让购物、投票、减肥变得更轻松。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

2011年，在纽约城最大的那家苹果旗舰店，我想给儿子买个iPod touch的套子——可那天是12月23日，店里的人接踵摩肩，拥挤得很，我觉得沙丁鱼的处境都比我强。幸好，我知晓一个大多数人都不知道的窍门：可以从货架上直接抓下想要的商品，用自己的iPhone扫描一下，然后走人。这要感谢免费的苹果应用，让我没必要排队干等，甚至不用跟店员打交道。消费账单会直接开给我的苹果账号。从进店到出店只用

了两分钟时间。换言之，苹果在消除阻力方面已经达到了新的高度——在这一点上，苹果自己与它的顾客同等受益。

阻力就是种麻烦、步骤、流程。并且，在这个日益技术化的世界里，竟然仍然存在着数量惊人的公式化操作——逆向考量的实例则少之又少。我们强调的是价位、容量、处理器的运算速度，而不是美观、优雅和低阻力。

为什么有些商店还在要求我们签信用卡的小票？并没有哪条法律或者银行条款强制要求顾客签名。这道阻力原本是基于安全性的考量——可你上一次看到柜员比对小票与信用卡背面的签名，是什么时候的事？

为什么在今时今日，我们还要在网络表格内输入自己地址和信用卡的具体信息，填上一遍又一遍？苹果、亚马逊等公司就意识到了这一点，低阻力意味着更高的销量。苹果设计了自己的应用，亚马逊设计了一键购买的程序，当看到一样想要的东西时，不用输入任何额外的信息，点击一下，你就买好了。

任何一个网站，若是要你填写表格、接收确认邮件、通过某种测试证实你是个活人，都是在增加阻力——进而流失销量。坐在电脑前，我们所有人，或快或慢，到头来要么有话想说，要么有东西想买，期间不知道要迈过多少道心理上的坎儿，然后又打起退堂鼓：“唉，还是算了——不值得。”

实际上，低阻力不光意味着销量的增加，它还能够促进你想要提倡的行为。比如说，投票的权利。

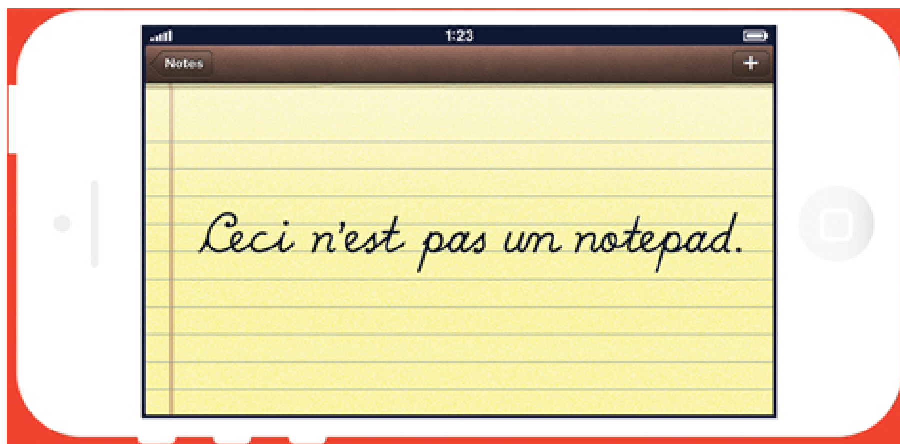
用来预估个体投票可能性的公式，大体上类似于$PB+D>C$，其中P是一个人的选票能够影响到投票结果的概率，B是他在自己支持的候选人胜出时能够享有的收益，D是他通过投票这一行为所获得的满足感，C则是阻力——整个投票操作的繁琐度，包括登记选民身份、找到投票地点、排队等候投票……显然，减少这一过程中的阻力，将会提高参加投票的人数。

假想我们可以在线注册、在线投票——或者只要在一款手机应用中轻点几下就能完成投票。参与投票的人数很可能就会扶摇直上。而这将会创造出具有实质意义的民主。（对幕后操作的畏惧，可以说是我们尚未实现真正民主的缘由所在，但只要确实有心，我们就能做到。）

这或许也可以用在人们所关心的肥胖问题上。我们几乎试尽了太阳底下的各种对策——唯独没试过减少阻力。要买咖啡，在星巴克的应用

程序上点一下就行。健康食品何不也来效仿一下？只要相关应用上的一个动作，就能从大量增设的自动贩卖机或是特定的菜市场里买到苹果、香蕉、胡萝卜，不行吗？眼下追求合理饮食所需要付出的努力，仍然多过选择垃圾饮食。只要改变一下这其中的阻力系数，就能够扭转形势。

下次要去买数码相机的时候，就别问它像素多少了，还是问问手动调焦需要多少个步骤吧。买笔记本的时候，别光看它的屏幕尺寸，还要留意一下，需要技术支援时需要按多少下电话按键。买手机的时候，看看要用电子邮件发张照片，需要触击屏幕多少次。而你若是位居谈判席的另一端——身为供销方——不要光想着怎么吸引客流，还要弄清楚，如何消除你为顾客施加的阻力。（翻译　薄锦）



对苹果设计说不

数码设计何必非要照搬实体世界呢？

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

2012年秋天，苹果公司解雇了高管斯科特·福斯特（Scott Forstall），他曾经被许多人视为乔布斯的接班人。福斯特的离职引发了一番热议，讨论的重点是此前他所力挺的一种令人费解的设计理念——“拟物主义”（skeuomorphism）。

实体世界所用的拟物设计，是将传统产品中的某项功能性元素转化为一种装饰性元素。诸如数码相机模仿出的快门声，电子吊灯呈现出的烛光效果，人造革表皮上的褶皱感等。

软件世界里的拟物设计则满目皆是。电脑桌面上的文件夹图标就像是现实中的档案夹，回收站类似现实中的废纸篓，保存按钮也一如现实中的计算机软盘。

这些造型并不具备任何技术上的功用。不过软件上的拟物设计自有其人性化的原因。20世纪80年代，为了促进电脑在大众中的普及，苹果和微软的设计师在设计用于电脑屏幕显示的图标时，选择了现实中的实物造型，以便直观地传达出图标所代表的含义。乔布斯本人正是这种拟物设计的坚定支持者之一。起初，这种设计在促进图形用户界面（GUI）的推广上，确实起到了很大的作用。

时至今日，人们逐渐对拟物设计感到厌倦，有些人认为，苹果在拟

物主义的运用上走得太远了。浏览一本苹果电子书，“书页”会在翻动的过程中微微卷起，甚至能让你看到书页背面影影绰绰的文字。苹果的“联系人”（contacts），设计得就像一本真的通讯册，连各“页面”间“装订处”的“装订线”也没有落下。“游戏中心”（game center）的背景仿佛一块绿色的毛毡，就像拉斯维加斯的赌桌上所铺的那种。最多此一举的设计，大概还要数“日历”（calendar）上方“装订处”的若干碎纸茬——这是在模仿前一张日历页被撕掉后的样子。

一方面，评论家们认为，这些细节设计已经不再具有帮助新手了解软件功能的意义。没有那些有碍观瞻的碎纸茬，你照样能明白自己用的是一款日历程序。书页卷动的动画效果，不过是一种卖弄，可是却会拖慢翻页的速度。另一方面，盲目依赖实物视觉隐喻（real-world visual metaphors）这一理念，还可能会扼杀那些更有创意、更省空间、更直观的设计。

有时候，苹果在设计上所模仿的实物原型，对现代人而言简直毫无意义。年轻一代中，有几个人用过罗乐德斯名片管理器（Rolodex）？苹果新上线的iPhone版“播客”（Podcast），主体设计元素是一台盘式磁带录音机（reel-to-reel tape），这项技术早在30多年前就已经被淘汰。

微软最新的几款操作系统，比如Windows Phone，则完全奔向了另一个极端。这些新系统的界面，全部采用了数码风格的设计，与实体世界没有丝毫交集。微软的设计师坦言，“现在是2013年了，我们用不着靠模仿原木和绿毛毡的设计来表达软件的功能。”

可能会有不少苹果设计师辩称：帮助新用户辨别软件的功能并不是拟物设计的唯一目的。他们可能会说，这种对实物细腻逼真的模仿，视觉效果很酷。没错，这不正是卖弄么，尽管这样做有时候可以让用户使用程序感觉更舒服。事实上，对拟物设计提出抱怨的人，很多也是设计师。他们认为，过度追求拟物主义的设计师，并没有倾听真正购买产品的广大用户是怎么抱怨那些小小的订书钉造型的。

不管怎样，苹果大名鼎鼎的首席硬件设计师乔纳森·艾维（Jony Ive）现在也开始负责软件的设计了，而他在这方面并不是拟物主义的拥趸。能在iPhone应用程序中看到模仿原木、拉丝金属、缀有针脚的皮革制品等拟物效果的时日，可能已经屈指可数了。

这没什么不好。在软件的世界，拟物主义只要使用得当，仍有其用武之地：它可以让你在最初接触一款新软件时感到轻松，而且，利用简

单的视觉隐喻也可以传达出软件的用途（比如，拍照应用程序的图标永远都是一部相机）。任何设计理念都不能滥用，拟物主义也一样。一旦拟物设计妨害了软件的用户体验，就该有人站出来，对它说“不”。（翻译　薄锦）



作死的电子产品升级

电子产品往往在买回来一周就过时了，这真的是他们无法避免的宿命吗？

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

你会多久才买一辆新车？多久买一套新房子、新沙发、新雨衣、新

冰箱？又或者新的洗衣机和烘干机？时至今日，你又会多久买一部新手机呢？

显然，在科技相关的产业领域，产品的迭代周期所扮演的角色，远比在其他消费类产品领域里重要得多。大部分人都不会觉得，开着一辆2009年产的丰田凯美瑞，或者把食物储藏在2002年产（甚至是1992年产）的冰箱里，是件多么丢脸的事。但是，如果你随身携带的是一部4年以前生产的iPhone，却会觉得在别人眼中会变成“山顶洞人”。

不用说，各大科技公司自然充分意识到了这一点。他们对此善加利用。软件公司差不多每年都会炮制出新版软件，比如Microsoft Office或Intuit Quickens（一款个人财务管理软件），坐等消费者在生怕自己落伍的攀比心理驱使下乖乖地升级。威讯无线公司（Verizon Wireless，美国的一家移动网络运营商）的营销平台已经正式撤下了“两年换新机”优惠计划（New Every Two），但是美国人仍然会平均每22个月就买回一部新手机。另外两大运营商AT&T和T-Mobile则刚刚推出了新的套餐，鼓励用户至少每年都换一部手机。

我们大可把所有的科技公司都归为一丘之貉，尽情嘲讽他们的操控之举，指责他们一手策划的“计划报废”（planned obsolescence，指为增加销量而故意制造不耐用的商品）。

就拿苹果公司（Apple）来说。iPad自面市以来，一直是平板电脑中销量最好的产品。我们每年都会翘首期盼一台经过改良、性能提升的新款iPad——而这也为苹果公司带来了一定的压力。要如何才能做到每年都对产品有所改良，特别是当这款产品最大的吸引力之一恰恰是它的简洁性时？

苹果公司为2012年上半年发布的iPad 3添加了显示效果极其锐利的高分辨率“视网膜屏”——也就是2010年所发布的iPhone 4所用的屏幕。那么，2012年下半年面市的新产品iPad mini，用的又是什么屏幕呢？答案还是老式的液晶屏，而非“视网膜”屏。在很多人看来，苹果公司这是故意留了一手，好在下次升级时还有料可用。

就整个行业而言，我们很难界定“计划报废”有哪些明显的模式。特别是在手机和平板电脑这两大领域，市场竞争是如此激烈，以至于制造商们根本没有余力玩什么“留一手”的游戏。每当一项新技术准备就绪时（有时甚至是在还没有完全准备好的时候），制造商们便会立刻将其投入使用，并且开始推广。你很难想象三星公司（Samsung）或微软公司

（Microsoft）——两者都在拼尽全力地与苹果公司竞争——会说：“这个特性真是棒极了，让我们把它留到明年再用吧。”

如果再想一想其他种类的数码产品，你还是会看到一些更令人安慰的消息。个人电脑的迭代周期曾经也类似于“两年换新机”，但是如今，在我们更换自己的苹果电脑和个人电脑之前，它们一般都已经工作了五六年的时间。这在很大程度上是因为平板电脑的兴起，还有部分原因是个人电脑已经没有什么创新了。

最后，别忘了这一点：我们并不是任人宰割的羔羊，只等科技公司一声令下，就会温驯地掏出腰包。只要你原有的电子产品在运行所需软件时速度依然够快，你完全可以拒绝新款产品的诱惑；促使你作出升级决定的，应该是电子产品本身的实用性，而非唯恐落于人后的攀比心理。

斟酌一下，2013年的新款产品所提供的新特性，是否真的值得你升级。有的新产品会让你的生活发生巨大变化，节省你的时间，比如，升级到一部网络连接速度快得多也稳定得多的4G LTE手机。至于其他的，就像三星Galaxy S手机上一些“花拳绣腿”的特性，并不比一款不完善的演示版软件更有用，比如语音翻译应用。

没错，技术升级的引擎——尤其是在手机和平板电脑领域——的确要比消费电子产品的其他领域运转得更快、更狂热。但消费市场并不是类似于“我们是任人摆布的棋子，而他们是主宰我们命运的领主”这么简单。消费电子产品的迭代周期受某些更重要因素的主导——技术进步，各类数码产品的新兴与衰亡，还有我们自身追求新事物的欲望。一句话，有条件升级并不意味着你就非升级不可。（翻译　薄锦）



科技信徒背后

消费电子产品政治。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

我做消费科技评论员已有10多年了。这些年来，恐吓信已经成了我日常工作的一部分。

早些年，我觉得我能够理解恐吓信的出现。回想起来，当时的恐吓信全是围绕着微软与苹果之争。人们纷纷站队的原因不难理解：处于弱势的苹果正在挑战微软这个已经站稳脚跟的巨人。选择其中一方来支

持，是件蛮有乐趣的事。

然而在今天，科技界中出现了信徒派与抵制派，他们随时准备攻击每一种可能出现的立场——所谓“立场”，自然就是指“公司或产品”。提到几乎任何一个响当当的名号，比如iPhone、Android、Kindle、佳能、尼康、谷歌、Facebook，当然，还有苹果跟微软，都会刺到某人的痛处。

我们谈论的不是彬彬有礼的争论，而是谩骂、挑衅、暴怒，特征集所有现代打压手段之大成（暗讽对方脑残的后缀“-tard”随处可见），全都是针对消费电子产品的敌对性言论。

在科技大会上，我们这些专栏撰稿人总会互相比较各自收到的恐吓信中的敌意字句。不管你觉得自己的看法有多公正，总会有人向你发难。

2010年苹果推出iPad时，我做了一次大胆的尝试，在《纽约时报》的同一篇专栏文章内表述了立场相反的两种评论。半篇是写给信徒派看的——全是正面言论；半篇是写给抵制派的——全是负面言论。我心想，这样肯定能让所有人都满意。不可思议的是，这一伎俩没讨好到任何一方。苹果黑在博客中大肆批判我写给iPad的“情书”；苹果粉则为我笔下的“恶意中伤”暴跳如雷。双方都无视了我的另外半篇评论！

后来我才明白，当时的我正是见证了一种已经得到充分证实的认知偏差现象：敌意媒体效应。这种现象是指，当人们对某事物持有鲜明论点时，相关内容的媒体报道，不论报道本身如何中立，在他们看来都会倾向于与他们观点相对立的一方。不过这种现象通常出现在政治领域，而非电子产品领域。这只能说明一件事：消费电子产品的品牌事实上已经开始具有了政治性。

这是怎么回事？上帝啊，为了选个手机，人们为何把自己搞得暴躁异常？

首先，科技公司在这些年里，非常注重将自家产品与风格、形象联结在一起。那些五颜六色、满是剪影舞动的iPod广告从来不会提及任何一项性能，只是宣扬它会让你显得有多新潮。广告似乎在暗示“不买你就没有身价”——于是突然之间，如果有人轻慢你用的电子产品，就是在轻慢你这个人。

其次，消费电子产品都很昂贵，而且很快就会过时。你等于是在投资你的消费优越感。人们看到你用某件产品，就会对你的选择加以评判

——因此你就要捍卫你的选择。侮辱我用的产品？那就是在侮辱我本人。

当年的苹果弱势现象也仍在上演——只不过情况现在已经反过来了。苹果如今已是音乐播放器、平板电脑以及应用类手机领域内的霸主。忘了苹果在1997年鼓励我们要“不同凡想”（Think　different）的那些广告吧。在今天，如果你买苹果的产品，那你可不是什么打破传统的人，而是随大流者。那些一度因苹果身居弱势而支持它的人，如今则会抵制它。

基于同样的道理，Facebook与谷歌由于自身的发展壮大与日渐繁荣，也招来了针对他们的抵制性群体。规模与成功，自然会招致猜疑与讥讽。

可为何是消费电子产品？在服饰店、保险公司和银行等竞争激烈行业的顾客当中，你不会遭遇偏激至如此程度的派系歧视，而那些企业同样都是些大公司呀。而且为何是如今？我的意思是，20世纪50年代的人们不会为了他们在烤箱上的不同选择而怒斥谩骂，或者80年代的小帮派们不会为了发胶的牌子而展开群殴吧。答案很简单，因为互联网效应。会将自我价值建立在自身所用消费电子产品上的那类人，恰恰就是那些生活在互联网世界中的人，而网络世界里的礼仪标准跟现实世界是大相径庭的。在网上，你是匿名的，所以你感受不到与你亲身面对他人时同等程度的冲动自制。

那么这场电子产品大战还有没有和解的希望？答案是没有。只要在网上还是没人知道你的真实身份，只要那些消费电子产品公司还是会每半年就推出一个新型号，只要他们的营销机器仍在促使我们相信我们的自我价值全取决于我们携带的产品品牌，就不会有任何希望。

当然，这只是我的一家之言。如果你不同意我的观点，那你就是“脑残”（-tard）一个。（翻译　薄锦）



消费电子废品

新买的电子产品很快就会过时，但别直接丢入垃圾箱里。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

公众总是时不时地发难，要求某一产业提升环保水平。于是，在汽车领域，现在有各种混合动力车、电动汽车和新能源汽车出售。饮料企业在生产瓶子时，塑料的用量也远远少于当年。在数项新法规的震慑下，可形成酸雨的化学物质排放量较1980年已经减少了76%。

然而，偏偏有项产业仍在不断地为环境增加沉重的负担，只因它毫无这方面的公众压力。那就是消费电子业。

你知道人们每年都会消费数十亿部手机吗？还有上亿部的相机，以及数不尽的笔记本电脑、游戏机、电视机和音乐播放器，那些被我们淘汰的旧产品，大多就此葬身于垃圾场内。美国环保局的数据显示，美国人在2007年总共扔掉了重达225万吨的电子产品，其中82%都被送进了垃圾填埋场。这可是一大堆你绝对不想让它们渗入供水系统的毒性化学物质和有害金属。

那公众抗议的声音呢？那些公益广告、游说者、高涨的全民意识，都去哪里了？它们变得悄无声息的原因很简单，消费电子业的商业模式中最为核心的“即用即抛性”对相关群体中的任何一方都有着莫大的诱惑力。

把你的旧汽车、旧衣服、旧婴儿用品、旧家具送人或是卖掉，都是件很容易的事；在你用过之后，它们仍可能保留着使用价值。但电子产品呢？恐怕就没多大用了。谁会想要你用了5年的老手机、黑白屏的iPod以及200万像素的数码相机啊？

美国电信运营商Verizon为手机提供免费升级的活动，名为“两年换新机”（New　Every　Two，即每两年便可免费换一部新款手机）。该活动前不久宣告终止，但这足以让人看清美国人对最潮的电子产品的追捧。大多数人都会因仍用着3年前的手机、相机、音乐播放器或笔记本电脑而窘迫不安。他们发现，最新的电子产品更美观、更快速，也让他们显得更酷。转念间作出决定：是时候换个新型号了。

这就是消费电子业的商业模式，而且出奇有效。无论是消费者还是生产商，都从未想要改变。厂商不会有缩减款式的打算，消费者也不希

望它们那么做。那该不该让大家痛改前非，振臂高呼“停止对消费电子产品的改进”或者“放慢前进脚步”呢？

不。最实际的做法是不干涉它们的商业模式，而是在两大阵线上与它造成的浪费性后果作斗争。首先，我们可以向电子厂商施压，促使他们降低产品的有害程度。有些以前从来没人在意的因素（牛奶的激素含量、汽车的油耗），如今已成为营销的重点所在。电子厂商又为什么不能在广告里标榜一下能源效率、无毒成分与最简包装呢？

苹果就是这么做的。公司网站上的环境影响报告中（www.apple.com/environment/reports）明确记录了苹果每一款产品对温室效应的影响，不仅包括用户使用期间的数据，甚至还涵盖产品制造以及回收再利用的阶段。苹果也大力标榜公司简洁的产品包装、具回收价值的材料（如铝）以及无毒化学成分。这种以环保措施为卖点的做法，其他厂商没有理由不去效法。

其次，消费者在弃用原有电子产品之后，应该考虑再利用。如果成色尚新，你可以卖掉它们——放到eBay上，或是交给Gazelle.com等二手商务网站。它们会给你一个邮递包装箱，买下你不要的产品，然后转售或回收。

如果你的废弃品实在老旧得没法出售，还可以把它们送到Best Buy、Target或者Radio Shack。这3家企业的零售店均受理各式电脑、GPS、电视、打印机、显示器、电线电缆、手机、遥控器、耳机等废旧电子产品的回收。你还可以因此享受到购买店内新品时的折扣，或是获赠代金券。

谁都不会每隔一年就去买台新冰箱或闹钟，因为这类产品的功能业已成熟。同样的情形也可能发生在手机、相机等产品上；如今人们使用一台电脑的年限，就已经比10年前更长了。

与此同时，我们现在就可以着手改善局面，也不用让谁做出多大牺牲。促使厂商在环保方面努力，也敦促消费者把废旧电子产品送到Best Buy或者Radio Shack。为世界做点这样的善事，再简单不过。（翻译 薄锦）



电子产品败笔何在

消费电子行业最惨痛的几次失败所带来的教训。

撰文　戴维·波格（David Pogue）

老人们常说，你能从失败中学到的要比从成功中学到的多。好吧，

倘若此言不虚，那么消费电子行业现在也该拿到硕士学位了吧。苹果与摩托罗拉当年推出的第一款iTunes手机ROKR E1，竟很傻很天真地将曲库容量上限设为100首。当年的谷歌Wave，则是款混乱且复杂无比的网络软件。还有智能手机KIN，耗费了微软数年时光与近10亿美元资金，但面世仅仅两个月就退出了市场。（我倒不是存心拿微软说事儿，不过大家别忘了，该公司还出过无线手表SPOT、无线显示器Smart Display和无线音乐播放器Zune。事实上，除了Xbox和一些PC外设，微软还成功地推出过什么新硬件吗？）

每当好莱坞发现某部杀青影片拍得太烂，就会把它就此封存，从而省下数百万美元的宣传发行费用。科技业为什么不学学这招？难道这些公司并没有意识到自家的产品会全军覆没？

这似乎很难让人相信。随便找个人都能看出这是些败笔之作，有些甚至听听介绍就知道。（“等等，微软在卖一款手表，每月要交10美元服务费，两天就得充一次电，如果不在你所属服务区内就功能全废？你是开玩笑的吧？”）

聪明的公司应该对业内前辈败走商界的事故现场加以检视，了解一下其中的成因。例如：升级悖论。硬件与软件这两大行业采用的都是同一种商业模式：每年推出一个功能更多的新版本。这种做法一开始很有效。每当新品推出，我们这些用户就会兴高采烈地升级到最新版。科技公司则留住了回头客。然而，一味地堆砌新功能，到头来并不会提升产品，反而会损害它。正如史蒂夫·乔布斯说过的：真正的艺术是知道该去除什么，而不是添加什么。

好设计难求。我们的科技产品受限于相互冲突的设计诉求。我们希望自己的电器小巧便携，但又想要大屏幕和键盘。我们希望自己的设备既物美又价廉。我们希望它们性能卓越又能持久续航，功能丰富又简单易用。要找到一个能在以上所有要求间达到精妙平衡的设计，难度可想而知。

开发进度压力。开发进度滞后的产品远远多于进度超前的产品。与此同时，投资者却想尽快收到回报。这便导致新产品面临严峻的面世压力——尤其是要抢在节假日上市——纵使大家明知产品还不够成熟。这就是黑莓第一款触摸屏手机Blackberry Storm的悲惨命运。它最早的版本问题多多，虎头蛇尾，以至于沦为网络上的笑柄。

先推再补症候群。科技企业似乎认为，大可先推出一款开发不足的

产品（尤其是软件和网站），任它漏洞百出、设计拙劣，只要后来针对这些缺陷进行修复就行。“不过是款软件而已，”他们会说，“就让我们的第一批用户做小白鼠吧。”

这算不错了——除非你的产品实在糟糕透顶，根本撑不到下一个版本的出现。当心落得跟《御用杀手：踏上征途》（*Remo Williams: The Adventure Begins*）一样的下场——这部电影拍得太烂，那位杀手的征途再也没能继续下去。

百老汇没落效应。我曾在百老汇干过10年的音乐剧指挥兼编曲，许多作品都无人问津（希望这不是因为有我参与的缘故）。剧组里每一个人都心知肚明：自己参与的这部作品注定不会卖座。但从来没有人会说出口。大家只是来上岗做工的，老板怎么说，我们就怎么做。为什么？因为大家都是拿钱做事。如果我们跑去跟老板说，皇帝身上没穿衣服，那一定是脑子进水了。

就算技术开发团队知道自己的产品是滩烂泥，也不可能道破实情——反倒有很多动机让大家低头不语，眼睁睁地看着它走向败局。

所以，没错，消费电子败笔之作的成因各式各样。有意思的是，问题出在技术本身的时候实在少之又少。更多的时候，真正的问题在于简单的人性。（翻译　薄锦）



“大数据”需要“大理论”

在数字化时代，我们需要掌握有关复杂性的普遍规律，来解决一些看起来难以应对的问题。

撰文　杰弗里·韦斯特（**Geoffrey West**）

随着我们这个世界变得日益复杂，并且事物相互间的关联性日益增强，我们面临的一些重大挑战似乎已开始变得难以应付了。我们应该做些什么事情，来解决金融市场中的不确定性问题？我们应该如何预测能源供应和需求量的变化趋势？气候变化将如何发展，其结果如何？我们该如何应对城市化的快速发展？我们解决上述问题的传统方法往往是定性的和非系统性的，这常常会带来意想不到的后果。为了给在这个时代我们所面临的挑战提供科学严谨的解决方法，我们必须对复杂性（complexity）本身有更深入的了解。

复杂性意味着什么呢？当一个系统存在着许多部分，这些部分能以各种不同方式相互影响，以至整个系统表现出了生命的特征时，复杂性便开始起作用：这个系统会随着条件的变化而不断发展演变，使自己继续存在下去。这个系统还可能产生一些突然的和似乎无法预计的变化——市场崩溃便是其中的一个典型例子。一个或多个发展趋势会通过一

种“正反馈回路”强化其他一些发展趋势，使事态迅速失控并超越临界点，一旦超越临界点，系统就会发生根本性的改变。

使“复杂系统”如此令人头疼的是，它们的共同特点无法轻易地根据其基本组成部分加以预测：其系统整体大于，并常常明显不同于其各部分之和。一座城市系统远远大于其建筑物和居民的总和。我们的身体系统大于我们的全部细胞之和。这种特性被称为突发性行为（emergent behavior），它是社会经济、金融市场、城市社区、公司企业、生物体、互联网、星系和卫生保健系统的固有特性。

现在，我们正看到，人们的生活节奏越来越快，复杂性日益增加，而数字革命正使这一切进一步加剧。但是，数字技术同样也给我们带来了机会。无处不在的手机和电子交易，使用越来越广泛的个人医疗诊测技术，以及电子化的“智能城市”，都已经在为我们提供大量的数据。随着新型计算工具和技术的应用，对大型的、相互关联的数据库中的数据进行整理汇总的工作能更好地进行。科学研究、工程技术、公司企业和政府部门的研究人员和从业者已开始使用大规模的模拟技术和模型，对很多问题进行量化分析，包括一个社会怎样才会开始互助合作、促进创新发展的条件以及冲突蔓延和发展的过程等。

而麻烦在于，我们没有一个解决复杂性问题的统一概念框架。我们不知道我们需要何种数据、需要多少数据以及我们应该去解决哪些关键问题。“大数据”（big data）没有一个“大理论”（big theory）伴随，会失去其效力和实用性，有可能产生一些新的意想不到的结果。

当工业时代以多种形式——蒸汽、化学能、机械能等——将社会的注意力集中在能源上时，热力学的普遍规律便应运而生。我们现在必须问一问，我们的时代能否产生一种复杂性的普遍规律，将能源与信息融合在一起？各种事物有极大的多样性，历史有偶然性，而金融市场、人口、生态系统、战争和冲突、流行病和癌症之间还有关联性，超越这一切的基本原理是什么？原则上说，对复杂系统进行总体预测的数学框架，应该能将任何一个复杂系统的动力学和组织结构纳入一个可量化计算的框架中。

我们可能永远无法对复杂系统作出详细预测，但是我们却能对复杂系统给出粗略的描述，从而对其基本特征进行量化预测。我们无法预测下一次金融危机将在何时发生，但是我们应该可以预测，在未来几年内发生一次金融危机的概率。该研究领域处于对科学各学科广泛综合的范

畴之中，有助于扭转目前的科学研究朝着分散细化和专业化发展的趋势。此外，对复杂系统的研究，正在使科研工作朝着这样一个方向摸索前进，即在一个更加统一的、整体的框架内解决社会重大问题。人类事业的未来很可能就依赖于这一研究。（翻译　詹浩）



“好莱坞”范儿的制造业

随着3D打印的普及，在不远的将来，制造业将像电影业一样，需要“好莱坞”范儿的团队和工作流程。

撰文　J·P·兰加斯瓦米（J. P. Rangaswami）

我爱字典。我喜欢坐下来阅读字典，在构成故事的那些字词之间神游。就是在翻阅字典的时候，我第一次读到了“制造”一词的最初定义。

17世纪的《牛津英语词典》初版给“制造”下了这样的定义：“用手做东西的动作或过程。”另外一条17世纪的定义是这样写的：“用双手工作；用手工制作的行业，手工业。”

这些原始的定义现在多半已经过时。自工业革命以来，我们已经把“制造”一词，和大规模、集约化、以机器驱动的材料与商品制作联系到了一起。

然而用不了多久，普罗大众就将再次获得在家中“制造”东西的能力——我们将用双手操作新型的机械和智能设备，因为3D打印将使制造回归本源。

20世纪90年代，我第一次见识了3D打印机工作的情景，当时就被深深迷住了。传统制造业的加工方式做的是“减法”——切、凿、磨、锉；而3D打印的方式则是“加法”——把材料一层一层地叠加上去。当我见识到有人用3D打印的方法矫正婴儿腭裂时，我惊讶得忘记了呼吸。传统的手术方法是侵入式的，造成的痛苦之剧烈，到了野蛮的程度。而新技术却能使每个生病的孩子很快重获微笑。

如今，3D打印的使用已经普及开来。它能够制造出遗失的拼图、螺旋桨、头骨碎片、身体部件（以前只有骨骼和关节，现在连脏器也可以了）、新型材料、化学药品和各种尺寸的容器，甚至整栋建筑都能打印出来。

要不了多久，制造就会变得和烹饪越来越像。你可以自己准备原料，不过那需要高超的技术。你也可以让别人为你预先准备好原料，再由你将原料组合成“菜肴”，甚至组合出一桌子菜。整个过程可以根据每道“菜肴”的时间、成本和品质加以调整。

产品说明书，也就是“食谱”这部分，才是智力价值真正之所在：原

料可以组合出什么东西来？如何组合？组合的过程是否安全可靠，可以重复？除此之外，还有什么替代方案？每一次生产都有什么可以改进的地方？

如果“菜谱”成为了创造过程的关键，那么世界将会变得怎样？世界将会迎来新一代的创造者，他们能够在实验室里安全地实验各种生产方法，还能在新方法推广之前验证它们的成效。到那时，各个行业的专家将聚集在实验室内，将物理、化学、生物、电子、设计、社会学、人类学和法律方面的知识用于生产。同时，他们还会得到各种所需的工具和机器用来实验、研究、改进、再实验，并最终生产出可靠、安全、价钱合理的产品。

要使这个过程变为现实，我们可以借鉴电影业的经验。

在电影业，我们有的不是实验室，而是摄影棚。从事生产的不是发明天才，而是明星。在背后支援的不是各路专家，而是剧组。主持大局的不是创意人、投资人，而是导演和制片人。

电影从业者了解制片过程，了解不同类型影片的风格，了解什么是票房保证，也了解剧本——也就是像“菜谱”一样的产品说明书。

我们所知道的好莱坞的编导们，按照剧本“生产”出我们在影院里欣赏或在家里舒舒服服观看的东西。现在，一个新的制造业“好莱坞”正在崛起，它的从业者编写、发布新的“剧本”，消费者个人或企业再按照那些“剧本”从事生产。当所有人都能用这种方法生产出供饮食、养生、医疗和娱乐的东西时，“制造”的最初意义也将得到复兴。（翻译　红猪）



稀有元素决定未来

价格低廉的清洁能源，依靠的是一些鲜为人知的元素。

撰文　萨利姆·阿里（**Saleem H. Ali**）

硅时代存在这样一个问题：它的魔力完全依赖于一些稀有元素，但这些稀有元素的数量远少于沙滩上的沙粒。有些元素还不只是“稀有”而已，很多人甚至连它们的名字都没听过。然而，它们却对发展绿色经济至关重要。钇、钕、铕、铽、镝，这些元素名称怪异，却是节能灯、强大的永磁体等技术的关键所在；镓、铟、碲则是太阳能电池板上光伏薄膜的必需材料。以上几种元素中，前5种已被美国能源部列为发展新技术的“关键材料”，目前却面临供应中断的危险。后3种元素以及锂元素——锂可以为小到手电、大到混合动力汽车的设备提供电力——的全球产量，则在美国能源部专家的密切监测之中。

2014年年初，为避免稀有元素供应短缺，美国能源部作出重大举措，斥资1.2亿美元成立关键材料研究所（Critical Materials Institute）。研究所由美国艾奥瓦州的埃姆斯实验室（Ames Laboratory）负责，并由17家政府背景的实验室、大学和企业提供支持。关键材料研究所的成立，显示了美国政府在新兴研究领域上的投资倾向。可惜的是，这个项目和最初的曼哈顿计划一样，更多是为了应付国际冲突带来的威胁，而非真正出于科学合作的理想。几乎可以肯定的是，美国国会拨款开展这个项目，是因为议员们的种种担忧：中国在多种关键元素的储存量上拥有巨大优势，而玻利维亚意欲成为“锂元素的沙特阿拉伯”。

至少对美国来说，这些担忧或许无可避免。美国历来非常重视中国，在关键元素市场上，中国掌握着大部分资源，比如稀土元素钕、铕、铽和镝。

尽管名字奇怪，这些稀土元素的储藏量却比黄金和铂金高出许多倍，分布在全球各地。但近几年来，中国采掘、提炼的稀土元素占全球市场份额的90%以上，在关键材料市场上发挥着举足轻重的作用。

为了保护环境，中国并没有大肆开采稀土，尽管这样的做法遭到美国、欧盟和日本的抗议，并向世界贸易组织提出了申诉。为缓解稀有元素短缺的情况，美国意欲重新启用废弃的开采设施，日本也宣布发现大量的海底稀土矿藏，稀土短缺的状况可能不会持续太久。

玻利维亚的锂资源则是另一种情况，这个贫穷的内陆国家需要开采锂元素来促进经济。锂是最轻的金属，有着很强的反应性，因此能以最小的重量和体积储存电力。全世界已知的锂元素储量，至少有一半位于安第斯山脉的一小块区域中，那里恰好是玻利维亚、阿根廷和智利的接壤处。

我们并不只是为了富人们把玩的新奇电子设备，才在这里为关键材料的稀缺担忧。研究关键材料最重要的目的，是更有效地利用能源。世界上仍有1/5的人享受不到清洁、廉价的电力，保证稀土元素和锂元素供应畅通，可以最终解决这个问题。开展国际合作有助于推动这一进程。美国国家科学基金会（National Science Foundation）已在北京开设办事处，这是个很好的开始。我们需要更多类似的途径来促进稀土的合作研究。同样，美国也在帮助玻利维亚开发乌尤尼盐沼（Uyuni salt flat），试点工厂已于2013年初开始运营。

相互合作能把各国聚集起来，就矿产资源的供给安全达成一项全面协定。我们已经有一定的基础，比如针对汞元素签订的《关于汞的水俣公约》（Minamata Convention on Mercury）就是为了减少有毒金属的排放和使用。人类的健康和繁荣有赖于合理利用自然资源，对关键材料的需求可以促进国际合作，毕竟，这些材料能真正将世界“照亮”。（翻译　张逸夫）



聪明电极，你敢用吗？

我们是否应该利用外部设备，把自己升级成更聪明、注意力更集中的版本？

撰文　罗伊·汉密尔顿（Roy H. Hamilton）
吉哈德·扎里伊克（Jihad Zreik）

我们很难想象一个不愿变得更聪明的人——哪怕他已经很聪明了。

得益于神经科学领域的最新成果，“认知增强”的美梦似乎就要成真了。研究人员正在用前所未有的技术，寻找提高我们大脑功能的方法。现在，摆在我们面前的问题只有一个：你真的愿意生活在那样的世界吗？

现在发问或许已经太迟了。现代社会已经欣然接受了“人工微调智力”的基本理念，我们可以把这种方法称作“神经整形学”（cosmetic neurology）。学生们在服用治疗多动症的药物阿德拉（Adderall）和专思达（Concerta）来集中注意力，家长和老师依赖着抗抑郁和抗焦虑药，励志书籍则向普通人展示着神经科学领域的最新成果，教导他们如何更清晰、更敏捷地思考。

“认知增强”领域还有一种先进的方法，那就是“经颅直流电刺激”（transcranial direct-current stimulation，缩写为tDCS）。人们可以将电极安在头皮上，对大脑施放微量的电流。电刺激似乎可以略微升高电极附近的神经元细胞膜上的电势，提高或降低神经元的放电概率，使记忆、语言、情绪、运动能力、注意力以及其他认知能力发生可见的变化。

研究人员尚不确定tDCS是否会对神经系统造成长期影响。虽然大多数测试只表现出了短暂的效应，但也有少量证据显示：反复的电刺激也许会产生更为持久的效果。tDCS尚未通过美国食品药品监督管理局的审批，专家们一致认为，这种疗法必须在严格的监管下才能进行。不过话说回来，只要不滥用，tDCS还是安全的，而且操作设备便携，过程简单，价格也便宜。

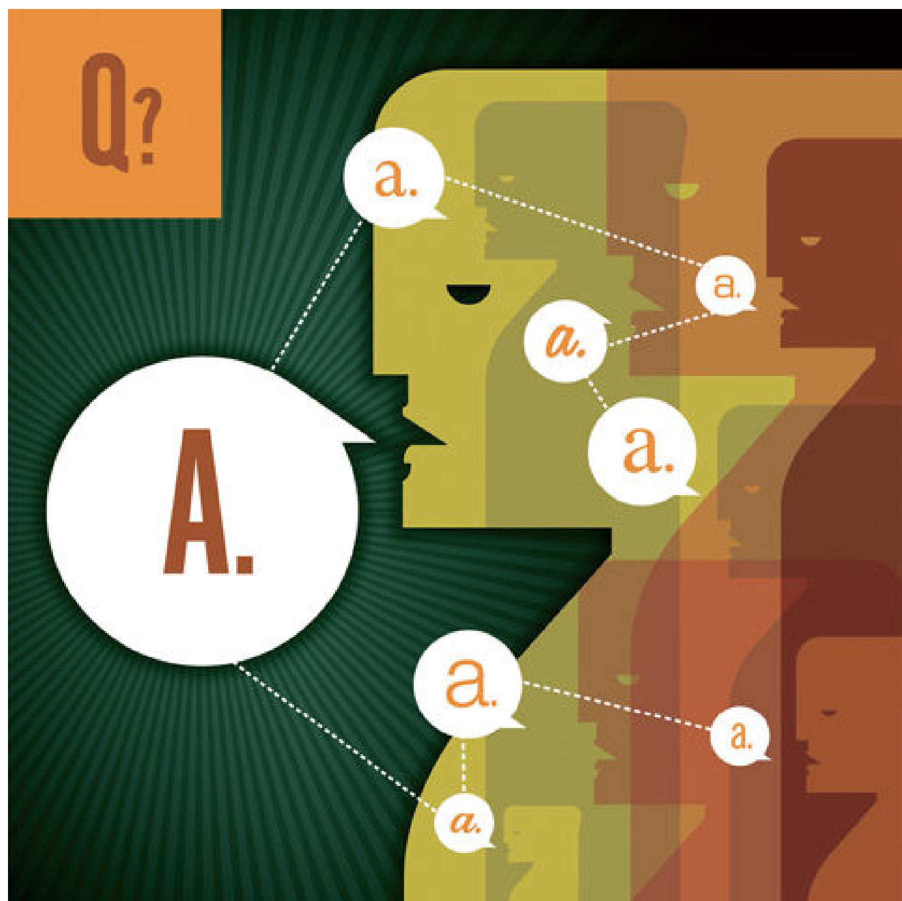
这个“电击大脑”的点子太过简易直白，引得一些DIY爱好者不顾警告，搞出了自己的“家用电击设备”。尽管不是所有人都那么随意和洒脱，但大脑电刺激确实有潜在的市场。最近的一项网络调查显示：87%的调查对象愿意为了提高学习或工作效率而进行tDCS。

我们是否应对这样一个“自我升级”的机会持欢迎态度，把自己升级成更聪明、反应更快、注意力更集中的版本呢？尽管一些神经科学家直言赞成将这种“聪明电极”普及开来，其他很多人（包括我们）却对此心存疑虑。安全问题是所有生物医疗设备的首要关注点。此外，我们还需要考虑分配的公平性问题：如果tDCS普及开来，富人会不会利用它巩固自己的特权地位？

更复杂的事情还在后面。我们可以想象，tDCS之类的大脑操控技术或许能让使用者重构自己的神经系统，从而改变对其至关重要的认知体

验与自我意识。在逻辑上，以上思考可以归结成这样一个问题：人们是否会最终找到“改造自我”的办法？此外，人们是否有权强迫他人，比如学生、工人、士兵，为提高某些技能而改造神经系统？社会允许这种事情吗？当人们超越生理极限建立起精神家园时，当一个按钮就能解决所有的认知难题、化解所有的情感危机时，人类是否会失去某些重要的东西？

这些极端情况真的会发生吗？我们并不清楚。然而，这些问题确实值得思考，以免我们在作决定的时候犯下无心之失。等到社会可以更好地权衡“认知增强”的利弊时，我们需要逐一评估每一项相关技术。一旦相应的疗法得到普及，科学家和医疗从业者要担负起责任，教会公众如何安全、合理地使用它们。在那之前，尽管tDCS和其他相应的认知增强工具相当令人激动，我们仍必须保持谨慎的态度。（翻译　张逸夫）



“人肉”时代

为了找到最佳答案，数字化服务平台仍须仰仗“人肉”的力量。

撰文 戴维·波格（**David Pogue**）

互联网传输的海量信息来势汹汹，但能准确过滤无用内容，并且在用户需要时提供有效帮助的信息管理技术仍然非常不成熟。不信，你可以试试在谷歌上查询“应该为10岁孩子买个什么样的口琴”，看看能否找到满意的答案。

面对窘境，一些新兴服务平台将某些疑难问题发布给成千上万的用户来解答，意外地获得了非常贴切的答案。众包信息（informational

crowdsourcing，即集合众人力量来提供有效信息）的理念由此应运而生。

在一些简单的网站，比如Yahoo Answers和Answerbag，你可以将问题留给其他所有用户，等待别人来答复。“哪种啤酒适合从没喝过酒的人”“打屁股是有效的惩罚方式吗”“色情聊天室属于欺诈行为吗”这些问题都可以发布在网站上等待解答。

这种交互是一种相当粗糙的众包信息形式。用户无法决定谁来回答自己的问题，回复问题的用户无须留下真实姓名，等待答案也许会花费几天甚至几周的时间。即便如此，了解其他人的想法仍是件令人着迷的事。

如果想尽快得到答案，你可以致电ChaCha或此类通信服务平台。拨打800-2CHACHA并提出问题，大约1分钟后，简洁明了的答案就会以短信形式发送到你的手机上。

假如你去询问“太阳、月球和地球同在一条直线的现象称为什么”，你会收到如下的答案：“三个天体位于同一直线（例如发生日食或月食时太阳、月球和地球的位置）称为朔望（syzygy）。”

电话的另一边其实有很多人为你答疑解惑。换言之，这就是你的私人智库。他们使用谷歌或其他查询方式获得答案并发送给你，每条答案获得20美分报酬。文本信息底部则附带一行广告，为此，广告商需要支付整个流程产生的所有费用。

ChaCha这类服务平台可有效地提供事实明确的信息，比如“最晚离开芝加哥的是哪个航班”；却难以在特殊情况下提供建议，比如“我该如何惩罚青春期的孩子”——这里需要更切题、更具体的回复。假如你已经在Twitter上和志同道合的朋友形成了一个交际圈，你就能够立刻获得非常技术性或专业性问题的答案。只要这些人和你有类似的工作背景或处于相同的领域，你就能迅速得到专业解答，并不需要你本人拥有一大群粉丝。

Aardvark或许可以算作终极即时查询平台。它结合了Twitter的交际圈和ChaCha的实时交互等功能，并拥有类似Yahoo Answers和Answerbag等网站的大量潜在用户。无论是客观事实还是主观意见，查询起来都得心应手。

使用Aardvark，用户首先要在网站上注册，然后利用邮件、即时消息、Twitter或者iPhone应用程序提交问题。

网站后台通过特定方法，在用户拓展的社交圈中找到能够回答这个问题的人。该平台会分析用户所有Facebook好友的简介和兴趣，必要的时候好友的好友甚至好友的好友的好友也会加入进来。系统的通信范围仅限于Aardvark用户，并且每次都会限制接收问题的用户数量，因此提交诸如酒店查询这类简单问题时，你不必担心它会向你的所有联系人发送垃圾邮件。

这个过程你是看不见的，你能看到的只是短短数秒内便可以获得两三条专业的、经过深思熟虑的回复。Aardvark检索最佳答案效率之高吸引了谷歌的关注，并被后者于2010年2月份花费5,000万美元收购。幸运的是，正如本文介绍的其他查询平台一样，Aardvark的服务时至今日仍然免费。

造就这些不可思议且免费的查询平台的，并非技术变革，而是人类的心理。人们热衷于伸出援手，喜欢体验被他人需要的感觉，希望表述自己的观点。换句话说，Aardvark、Twitter等各种免费查询平台虽然是设计精巧的新颖交互渠道，而让它们发挥作用的还是人类本身。（翻译　黄翔）



有人偷窥又何妨

在这样一个彼此互联的世界里，对于隐私的保护有些草木皆兵。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

2004年，谷歌公司推出了功能强大的Gmail邮箱服务：一个账户可以拥有上千兆字节的超大存储空间，是当时微软Hotmail邮箱服务提供容量的500倍。正因为有了超大的存储空间，Gmail在推出伊始甚至都没有设置删除邮件的选项，而且Gmail是完全免费的。

并非所有人都为此欢呼雀跃。Gmail在提供免费服务的同时，也会扫描邮件内容，并在右边栏插入与邮件内容相关的简短文本广告，以此赚钱。这一举动令隐私权拥护者们勃然大怒。尽管Gmail是根据某种软件算法检索邮件的关键字，而并非人工查看邮件内容，但对隐私权拥护者们来说，这一点似乎并不重要。美国电子隐私信息中心呼吁谷歌关闭

Gmail，一位加利福尼亚州议员甚至提交了一份议案，要求裁定检索邮件内容为非法行为。

两年后，一项名为未来电话（Futurephone）的服务应运而生，任何人都可以通过此服务免费无限量拨打海外长途。你需要做的只是拨打艾奥瓦州的某个电话，然后按照提示输入号码，根本不需要你提供姓名、电子邮件地址或其他任何信息。

我在《纽约时报》上撰文评论这项服务时，还以为是给读者帮了一个大忙，结果却引起了轩然大波。他们绞尽脑汁想要找出未来电话服务的盈利模式。许多人认定这是一场精心策划的阴谋，目的是获取用户的电话号码。

我在博客上发文回应：明明随手翻一翻黄页就可以找到一大堆美国最重要的电话号码，未来电话何必如此大费周章呢？那些忧心忡忡的读者如此回答：好吧，既然如此，那未来电话肯定是在窃听我们的通话内容。

对许多人来说，似乎在网上花的时间越长，碰到以个人隐私换取便利的机会就会越多。百货店认同卡（affinity card）可以让持卡者享受折扣，同时也会记录他们买了些什么、吃了些什么。亚马逊商城（Amazon.com）会亲切地称呼着我们的姓名并向我们问候，同时也会记录我们购买过哪些商品。社交网站Facebook已经收集并建立了人类有史以来最大（超过5亿注册用户）的个人信息库。

当然，以隐私换取便利的交易已经存在多年。信用卡会留下交易信息。电信运营商会保留你的通话记录。住有所居虽是赏心乐事，但购置房产会留下你所在何处的永久记录。

人们当然有充足的理由保护自己的某些隐私。我们肯定不希望自己的医疗记录或财务记录妨碍到自己找工作或是与人约会，我们或许也不愿意将自己的风流韵事或政治倾向公之于众。然而除了上述这些显而易见的特例，对隐私泄露的恐惧一向是一种感性反应，而非理性思考。（真的有人在意你买了哪些日常用品吗？就算真有人在意，那又如何？）在网络世界中，这无非是对未知和新事物的恐惧罢了。

假以时日，未知总会变成熟悉，每一波对网络隐私泄露的恐惧似乎都会烟消云散。如今已经没有人在意Gmail检索邮件内容插入广告的行为了，甚至中老年用户也开始注册Facebook账户了。

年轻人难以理解为何他们的长辈会因为隐私问题如此耿耿于怀。事

实上，网络服务对于年轻人的全部吸引力就在于有目的地传播个人信息。Foursquare、Gowalla和Facebook　Places等网站甚至可以发布用户当前所处位置的信息，以便好友了解你的行动路线（当然也方便他们随时与你会合）。

假如你曾经也觉得谷歌Gmail的盈利模式超越了隐私底线，那你一定也会为下列发展动态惊慌失措：谷歌公司正在收集有关我们看什么电视节目（谷歌电视）、去什么地方（谷歌地图）、与哪些人通话（Android系统智能手机）、有哪些言论（谷歌Buzz服务）、在网上做哪些事（谷歌Chrome浏览器）等信息。

不过，我们的一部分隐私领地已经丧失已久。你感觉到的恐惧或许是真实的，但真有人查看你那些生活琐事无聊细节的可能性非常之低。就如同人们对飞行事故、被鲨鱼袭击或被闪电击中的恐惧一样，你的大脑未必给你的内心提供了切合实际的信息。（翻译　黄翔）



见证永远

数字照片、数字视频很棒，但不要指望它们能一直保存下去，让子子孙孙都能看到。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

迟早有一天，一切都会数字化。录音、录像、电视信号、照片，还有书籍，都不例外。

这很美妙，是吧？数字化意味着即时存取，意味着可以无数次复制而不必担心质量受损，还意味着可以即时传播到全世界。但是，我们必

须赶紧让自己勤快起来，否则这可能会对我们的文化留存造成致命打击。

就拿摄影来说吧。我们很清楚150年前的人长什么样子，因为那些照片——没错，就是模拟格式的传统照片，到现在还看得到。

可如今，人们还会印些什么照片出来呢？也就只有几张比较特别的罢了。绝大多数数字照片都是用显示屏来观赏的。这种方法很便捷，视觉效果也不错，尺寸要比常见的6寸照片大得多。可是，不要说150年，它们能够保存50年吗？

这需要大量假设。首先就要假设，150年后仍然存在JPEG这种目前最常用的数字照片格式。JPEG有机会搏一下，毕竟全球图片文件数量有数十上百亿，不过将来如何也很难说。目前还没有哪种电脑文件格式的存在期限超过50年。

而那些不够主流的文件格式，处境将更加严峻。保存视频文件，就会是一场噩梦。数字摄像机的历史尚短，我们就已经创造了成堆的文件格式：MPEG-2、AVCHD、MiniDV、MOV、AVI，不胜枚举——这还没有算上数百万种用来存储这些数据的老式磁带格式。不要说100年，就是50年后，这些视频仍能播放的概率又有多少？

在微软最早的Word版本所支持的文档格式中，一部分已经无法再用今天的Word软件打开。你真的指望100年后仍能播放AVCHD格式的视频吗？

至于电子书，就更别指望了。由亚马逊、巴诺、索尼与苹果提供的这些电子书文件互不兼容，专机专用，禁止拷贝，而且都是新生事物。你真的觉得这些防拷贝系统，甚至发明它们的公司，再过150年也照样存在？

不，在你给自己的Kindle、Nook或iPad购买禁止拷贝的电子书时，你应该设想自己买的仅仅是临时阅读权，而不是这本书本身。你很难把你的“藏书”像传统书籍那样留传给你的子孙。

每次我一提到格式失效和数据丢失，总会有几家公司不失时机地放话：“我们开了一个新网站，叫做‘永存网’，能永远保存你的数字化文件！”这话听着不错，但我们知道，互联网自己都只有20多岁而已。更没有哪家在线存储公司成立10年以上，而且有几家已经退出市场，其中不乏大名鼎鼎的美国在线（AOL）推出的Xdrive服务。如果你真的相信当今这些所谓的“永存网”能帮你永久保存文件，还不如去相信大街上投

资信托公司发的传单呢。

换句话说，在这股恨不能数字化一切的热潮中，对于如何保留这些格式，我们似乎没有给予同等关注。

不过，也不是一点希望都没有，只是有大量的工作需要我们去做。100年前的老照片能传到我们的手里，很大程度上纯属意外，比如说，我们可能无意间发现了一摞旧照片。但换作数字文件，就不可能有这样的意外了。不会有人在2061年偶然发现你存在硬盘里的照片，我敢肯定。（你有哪块硬盘用上10年的？）

如果我们确实有意将数字文件传至下个世纪，就得精心照看它们。普通磁带超过15年就会变质，因此，若想把老唱片、录像带都转换成数字格式，就要赶快了。现在大容量硬盘的价格很便宜，你也能在Google上找到大量教程，教你如何抢救这些内容。

接下来，你要保证每隔10年就重新查看一下这些存档。若要把这些数字文件传到你的曾孙手里，就得有人，甚至是几代人，把它们从旧硬盘拷入新硬盘，再从新硬盘拷入固态硬盘，接着是纳米管，再来是大脑植入物，或者是将来出现的任何新型存储媒介。当然，会更新换代的不光是存储媒介，文件格式也得进行相应转换。到2021年，AVCHD可能已经不再是视频录制中会使用的格式，不过肯定会有某种软件能将它转换成其他的可用格式。

如此一来，我们的图片、视频和文档多少总会有一些能保存到2161年。或许只是极小一部分，但也足以让你的后人感念你每10年为此付出的一次努力了。（翻译　薄锦）



大众点评的威力

群众的智慧可能不乏睿智，但也可能产生误导。

撰文　戴维·波格（David Pogue）

早先，网站由运营者在网页上发布文字与图片。如今，我们称那段原始时期为Web 1.0时代。

而在属于Web　2.0的现代世界，网站却由用户提供素材。不少大名鼎鼎的网站都可归入此列：Facebook、eBay、Craigslist（洛杉矶的分类广告网站）、YouTube、Flickr等。这些网站仅为素不相识的用户们提供交流平台，别无他物。

Web　2.0最吸引人的分支之一，便是大众点评类网站。在各种各样的众评网站上，无数满意或者不满的消费者发挥着集体智慧的力量。你因此再也不会误选度假地、餐馆、电影、汽车、商家、应用程序、图书、医院或者啤酒饮料。

一方面如果你是酒店经营者、餐馆老板或汽车经销商等中的一方，则会发现众评网的兴起可以助人清醒。你不再居高临下，使用营销信息对大众施以狂轰滥炸。突然间，大众内部开始相互交谈。如果你的服务或产品一无是处，他们就会揭发你。另一方面，如果你是用户，众评网就更是天赐宝物。如今这个时代，你若是光临了一家服务奇差的餐馆，只能说是你咎由自取。你完全可以事先参考一下大众的意见，避免这种后果。

这不免教你暗忖，个人评论还能剩下多少价值。我的意思是，如果你看的是报纸刊载的影评，那等于是在冒险。搞不好这位影评人刚跟恋人分手，或者还在读电影学院时就不爽这部电影的导演，又或者恰巧跟你口味不同。而你看的若是这部电影的11,000名观众的概括性点评，那就很难会偏颇到哪里去。立场对立且极端的评论会互相抵消，大量立场中立的观点会帮你对这部电影的真正价值作出精准的判断［《歌舞青春3》在IMDB（互联网电影数据库）的评分为3.8（总分10），共19,600人投票。本人觉得这个分数十分公道］。

不过，那些随处可见的假评丑闻又是怎么回事？Yelp（餐饮类点评网站）、TripAdvisor（旅游类）、亚马逊等网站都曾遭到谴责，说虚假点评正在危害它们的内容质量。这可关系到一大笔钱的得失。怪不得商家有时会用“马甲”发表关于自家产品、公司的正面评价，或是诋毁自己的竞争对手。（这种行为在网络上被称为“草根营销”。知道吗，伪草根们？）

此外，还有一些不为人知的偏差作祟。你可曾留意过：iTunes商店里有多少款应用程序的评分是以一颗星和五颗星居多？怎么会有如此多

的严重两极化评价？

其实它们并非如此——只不过网评员们打起分来随心所欲。你更可能去点评那些让你在某方面恼火的事物，而广大心满意足的群众，通常不会为此费心。

有一阵子，苹果曾发动用户在删除某应用程序的同时为它打分，希望借此解决上述问题。应用开发商为此大为不满。“你让我们获得的评价多为负评，”他们说，“因为你让用户在准备删掉时打分！他们若是喜欢我们的应用程序，他们就不会准备删掉它！”

如何保持网评的威力，同时又将权力滥用降至最低？首先，可以鼓励大家用实名投票，就像亚马逊所做的那样。Yelp和TripAdvisor也称自己拥有专门清理假评的员工和软件。没错，这是一场“军备竞赛”，不过那些众评网很清楚，它们的可信度直接关系到网站的存亡。

你还可以提高自己识别欺诈信息的技巧。当你发现某篇评论过于煽情，就可以有所评判。更多时候，你可以点击评论者的名字，看看他还写过些什么，如果除此评论再无其他，就要警惕了。

最后，评论数量也很重要。如果仅有两三条格外正面或负面的评论，那你对这些意见的可信度就得打一个问号。另外，如果评论多达数十乃至数百条，那些目的不可示人的发言的影响自然就会降低。

听好：传统的专业评论体系也并非完全可靠。你根本不知道其中有哪方面的利益冲突作祟。最起码，在Web　2.0的世界里，大众的声音往往会盖过那些不可靠的个人评论。留给你的，会是诸多包含真相多于谬误的意见。（翻译　薄锦）



网络安全的噩梦

如果我们不能找到恶意软件，那么我们就无法阻止它进入电脑。

撰文　斯科特·博格（Scott Borg）

网络安全世界正开始像一部悬疑惊悚片那样，展开惊心动魄的故事情节。身在暗处、不怀好意的人将恶意软件植入我们的电脑。他们将这种软件悄悄塞入电子邮件；他们通过互联网将它传送出去；他们通过不安全的网站感染我们的电脑；他们将它植入其他程序；他们将它设计为能在笔记本电脑、闪存、智能电话、服务器、影印机、音乐播放器、游戏机等设备之间转移，直到它进入我们电脑的核心系统。因为即使是与外界隔离得最好的电脑系统，也需要定期输入新指令、新数据或某种维护工作，所以任何系统都可能被感染。

这种影响可能是灾难性的。在潜伏数月或数年之后，不用接收任何指令，恶意软件就会启动。它可以禁止紧急措施启用，使工厂生产出不合格产品，使炼油厂和输油管道发生爆炸，使饮用水受到污染，制造医疗事故使患者死亡，让发电机发生故障停止运转，抹黑银行系统使之信誉扫地，让飞机停飞，使火车相撞，以及使我们的军事装备调转方向对我们自己发起攻击。

许多政府官员现在都意识到，必须采取行动解决这个问题。他们把对隐私和公民自由的担忧放到一边，提出了庞大的政府方案，来搜索我们的计算机核心系统，并对所有进入这些系统的信息数据进行扫描。

但在这一步时，事情变得复杂起来了。实际上，我们并不知道如何扫描恶意软件。我们不能阻止恶意软件，因为我们找不到它，即使看到

了，我们也未必能认出它来。

就像惊悚片中的角色不知道该相信谁一样，网络安全专家开始筛选这些方案。我们能够通过识别其特征来辨认出恶意软件吗？不能，因为每一款恶意软件都可能是不同的，并且能够不断改变外观。我们可以通过传播恶意软件所需的工具来识别它吗？不能，因为恶意软件也许是通过别的人或工具插入的一个有效载荷。

我们能否在恶意软件的一些可能藏身之处找到它？不能，因为它可以藏在我们不知道的地方，比如我们无法看到的内存中的某个区域，或者我们从来也不知道的存储器的某个组件。甚至在我们寻找它时，它还可以四处躲藏。恶意软件可以自我复制到我们刚刚查看过的地方，并在我们将要查看的地方将自己擦掉。

我们能否通过逐步查看每个程序的每一行代码以确保其无害，从而来创造一个安全区？问题是，我们可以直接查看恶意软件的每一行代码，但却辨认不出恶意软件。有时，某一行代码的一个微小改变也可能会导致糟糕的后果。有问题的代码并不需要在单独的行里。恶意软件的恶意内容可能是操作顺序，它导致一个正常的指令恰好在错误的时间被执行。

如果所有其他方法都失败了，那么我们可以通过恶意软件的行为来识别它吗？这个方法也没用。恶意软件可以控制所有显示内容、消息框、图形或文档。它能确保你只能看到它想让你看到的东西。如果你设法在它正在干坏事时抓住它，那可能为时已晚。在某个恶意程序第一次启动，将导弹调转方向射向你自己，让发电机烧毁或使你的炼油厂爆炸时，通过其行为倒是将它识别出来了，但是却无济于事了。

我们真的不能相信任何东西。我们正在用来搜索恶意软件的电脑，可能是正在传送它的传输工具；我们的认证系统可能正在验证被恶意软件感染的程序；我们的加密系统可能正在给恶意软件加密。即使我们设法建立起了一种有效的隔离手段，我们还是不知道恶意软件有没有被隔离在外。

这正是许多网络安全专业人士目前所在的世界。我们正在阻止大多数恶意软件，一直如此。但是，我们却没有一个可靠的解决方案，而拥有这样的方案却可能是最重要的。美国及其盟国一直擅长于在紧急关头及时拿出解决方案，而我们现在就需要一个解决方案。（翻译　詹浩）



取缔验证码正当时

互联网的僵尸程序防御机制日渐有负于人类的重托。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

在现代社会，但凡出点什么问题，都是靠设置屏障的手段解决。音乐盗版？防拷贝保护。网站被黑？更复杂的密码。不幸的是，这些屏障往往是给守规矩的好公民添麻烦，对坏家伙的拦截倒没啥用。真正的音乐盗版者、网络黑客，照样有办法绕开这些屏障。

或许这些屏障足以防范最一般的非法操作。有种名为“验证码”（验证码一词的英文叫做Captcha，即Completely Automated Public Turing Test to Tell Computers and Humans Apart的首字母缩写，意思是“全自动区分计算机和人类的图灵测试”）的网络路障，其内部逻辑似乎便是如此。这东西你肯定见到过，就是一串常在你网上注册时出现的歪七扭八的字符——既有确实存在的英语单词，也有无实义的字母组合。你需要用键盘把你看到的字符录入到一个文本框里。

验证码出自美国卡内基梅隆大学研发人员的设计，用来防范那些可能对在线服务造成威胁的僵尸程序（一种自动执行的黑客程序）。例如，有的僵尸程序会注册大量的Hotmail或雅虎邮箱账号，以便散播垃圾邮件。有的会发布一些虚假评论，企图以此提升网站在搜索结果中的排名。

理论上，只有真人才能识别出验证码图片中的字符。扭曲的字母同驳杂的背景，用人眼足以看清，计算机则不行。放行好人，拦截坏人——看起来这是一道完美的屏障。

实际上，验证码不过是以暴制暴。首先，验证码的图片常常扭曲得连人眼都认不出来。这在那些无实义的字词中体现得格外明显，就像“rl10Ozirl”。里面用的到底是小写的字母“l”还是数字“1”？是数字“0”还是字母“O”？再者，这项设计的前提是视觉能力。对失明人士而言，就无法玩儿图片验证码的游戏。

最好的验证码方案提供了变通的余地。例如，添加一个按钮，能够让你在看不清当前图片时另换一张，还有为失明人士设计的语音验证码。不过最重要的是，越来越多的证据表明，在这场技术大战中，验证码败象渐露。无论是研究人员，还是垃圾信息散播者，都有办法绕开这道障碍。

也有网站开始尝试弃用图片验证码，改为用户体验感觉不那么糟糕的题目。做道简单的数学题，回答一个简单的问题，辨认一张照片，听段经过混音处理的音频，尽管所有这些方案还是免不了会将某个群体区隔在外——比如非英语人群或是失聪人士。

据卡内基梅隆大学的研发小组估算，全球人口每天在这些烦人的屏障入口处所耗费的时间，累计可达150,000小时。有种新型的验证码——“多重验证码”（reCaptcha），至少是把这些时间用在了公共价值的创造上。你看到的图片是一个从扫描不良的谷歌图书中截取出来的模糊单词；而你输入该词拼写的过程，其实就是在协助谷歌处理、识别一段有效文本。即便如此，我们这些守规矩的用户，每天还是会浪费掉17年的时间。这简直是对生命的可耻浪费。一定还有其他更好的解决方案值得我们探究。

也许应该设计一款自愿出示的互联网身份证，这样一来，不管我们要注册什么，身份都是已知的。也许网站应该对每个“人”的新账号或新发表的言论施以一段时间的限制。或是监测用户的键盘输入速度或不规

则程度，以此判别他们是不是人类。

或者用指纹，用视网膜扫描。诸如此类。

散播垃圾内容的僵尸程序很讨厌，这没错。可验证码同样讨厌。它极其烦人，它并非万无一失，它对所有用户搞有罪推定。Captcha的真正含义，换个说法来说就是Computers Annoying People with Time-wasting Challenges that Howl for Alternatives——计算机那些浪费人们时间的防御机制，是时候做出改变了。（翻译　薄锦）



Wi-Fi惹烦忧

无法连接，信号衰减，网络时有时无——无线网络为何仿佛仍然停留于石器时代。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

在大多数人看来，Wi-Fi无异于一个奇迹。在隐蔽的基站周围方圆150英尺（约46米）的地区内，你的笔记本电脑、平板电脑还有手机均可通过无线接入网络，速率达到有线网络的水平。不过Wi-Fi也是个谜。有许多读者向我询问Wi-Fi的问题，我已经设法从数位专家那里得到了最最权威的答案。

我的笔记本电脑经常检测到四格信号的Wi-Fi热点，却上不了网。原因何在？

20世纪90年代中期，亚历克斯·希尔斯（Alex　Hills）在卡内基梅隆

大学搭建了一个庞大的无线网络，这成为现代Wi-Fi网络的原型，而他在《Wi-Fi和一群搞无线电的浑小子》（*Wi-Fi and the Bad Boys of Radio*）中提到了这段往事。我认为他是回答该题的最佳人选。他的解释是：“这可能由两种原因造成。首先是无线信号传输问题。信号格只是显示Wi-Fi信号的强度，而不会给出有关信号干扰或其他导致信号强度衰减的无线电传输问题的任何信息。”“其次，大部分Wi-Fi系统，都是通过自身接入有线网络，将用户接入互联网的。而这些有线网络可能会在某个环节出现问题：连接速度、交换机、路由器、服务器……只有接通网络所涉及的一系列设备全部运转正常，用户才能畅通无阻地接入互联网。”

为何在高档酒店使用Wi-Fi要收费，平价酒店却不用？

多恩·米尔曼（Don Millman）设立的入网点技术公司（Point of Presence Technologies），为150家酒店提供Wi-Fi网络服务。他的回答是：报销单。高级酒店要吸引的顾客，是那些可以报销住宿费用的商旅人士，有无Wi-Fi费用，在他们眼中无关紧要。

经常有人警告说，使用咖啡店里那种免费开放的Wi-Fi热点是有风险的。究竟有哪些风险？

葛伦·弗莱什曼（Glenn Fleischman）从事网络领域相关的报道工作长达10年以上（目前在为《经济学人》博客的“巴贝奇”专栏供稿）：“在房间另一角落的某不法分子，可能正在运行某款软件，监控无线网络中传输的每一比特信息，从中窃取用户密码、信用卡卡号……”

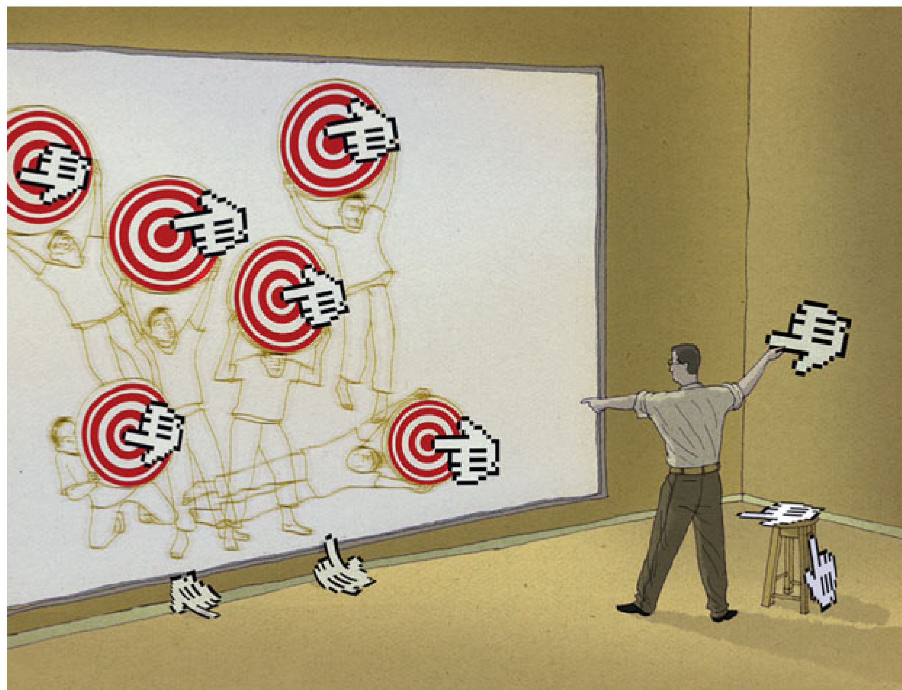
“不用担心网银以及电商网站，它们都有安全的、加密的网络连接。”“不过，电子邮件以及日常的网络会话，在没有经过加密的情况下，就很难说隔墙是否有‘耳’在攫取你的数据、妄图盗用你的身份或是榨干你的银行资产。个人建议：接入网络时一定要使用虚拟专用网络（VPN）连接，这样别人除了得到数据乱码外，无从窥探你的任何信息。”

在酒店、机场，甚至飞机上不时会出现名为“免费公开Wi-Fi”（Free Public Wi-Fi）的热点，但又极少能真正接入，这是怎么回事？

我来搞定这个问题：试图连上名为“Free Public Wi-Fi”（或是“hpsetup”、“Linksys”）这类热点的事，还是别干了。这并不是真正的Wi-Fi热点。它其实是Windows XP胡搞出来的一种病毒式“功能”。Windows XP准备接入Wi-Fi时，会同时将该热点的SSID广播给其他电脑，形成一种“对等”（ad hoc，PC对PC）网络，以供其他电脑共享该

连接。只要有人在某处，可能出于好玩，设立了一个名为“Free Public Wi-Fi”的真实热点，其后这个网络名称便会被使用Windows系统的电脑无线广播给另一台。（使用Mac系统的电脑也能检测到这种伪热点，但它们不会进行广播。）

在公共场所中，有人试图接入该热点，并且接入失败；可是他们的电脑却开始把这个对等网络的名称再广播出去，如此一台传一台。上策就是：别去管它。（翻译　薄锦）



互联网是块单面镜

> 我们中百分之九十九的人都生活在互联网的负面阴影之中。
>
> 撰文　迈克尔·费尔蒂克（**Michael Fertik**）

想象一个由看不见的手掌控着你全部体验的互联网吧。那里有第三者预先定制出一些你所看见的新闻、产品和价格，甚至于你所遇见的人。你认为你正在一个世界范围里作出选择，而实际上你的选择范围已被缩小和精细化，最终留给你的仅仅是该局面尚在你控制之下的幻觉而已。

这一切正在发生。随着科学技术的发展，谷歌、Facebook和其他网站将有关我们的信息收集起来，并以此定制网站，让我们有匹配自己爱好、习惯和收入的用户体验。对于富人和穷人来说，互联网的世界是不同的。我们大多数人都在不知情的情况下成为了“双网记”（the tale of two Internets）这部逐渐展开的电影里的演员。你和我，他们和我们们处

于不同的世界。

下面简单谈谈互联网是如何工作的。互联网产业的收入绝大多数来自广告公司。美国硅谷在为一些公司的创建和融资方面立下了丰功伟绩，而这些公司为我们免费提供应用程序，然后当我们使用这些程序时，它们便收集我们的数据并将这些数据出售。对于互联网短暂发展历史中的大部分时间而言，这些数据收集的主要目的集中于经典产品营销：例如一些广告商可能想要向我展示耐克运动鞋，并向我的妻子推介马诺洛（Manolo Blahnik）的高跟鞋。然而越来越多的数据收集正远远地超越广告推介的界限，使保险、医药和其他一些公司在你毫不知情的情况下，通过分析你个人的高度翔实的“大数据”（Big Data）记录而从中获益。根据这些分析，然后这些公司作出关于你的决策，包括是否仍值得将你看作营销对象。

这样一来所造成的结果是：我们中99%的人都生活在单面镜看不到对面的那一边，而另外1%的人却掌控着我们的用户体验。有人将这一发展趋势赞美为“个性化”——这听起来无伤大雅且颇具乐趣，但却引出这样一个概念，即每个人看到的广告都可能会是他自己喜欢的色彩图案。然而，我们下面谈论的内容将会更加深入且明显更为重要。

例如，美国联邦法规规定，根据某些个人属性而在此人申请信贷时对其区别对待，这种行为是非法的。然而正如娜塔莎·辛格（Natasha Singer）最近在《纽约时报》所报道的那样，在线和离线数据采集方面的技术进步，使这种做法有可能避开该法律规定：一些公司能够直接忽略缺乏信用吸引力的人群。如果你生活在这种数字世界的阴影之中，那么你甚至看不见来自任何一流信贷机构的报价，并且你也不会了解到，在考虑自身的个人或专业前途时，贷款可以带来很多帮助。

在过去十年间，电子商务网站已经根据你的上网习惯和个人特性改变了定价策略。你所处的地理环境和你过去的购买历史如何？你是怎么知道该电子商务网站的？你每天哪个时候登录访问网站？一份关于定价优化的完整文献已经出来了，它包括了道德、法律和经济的层面。而这一领域正在迅速推进：2012年9月，谷歌获得了一项技术专利，该技术能让公司为电子商务目录进行动态定价。例如，如果确定你比一位普通用户更有可能购买某本电子书，那么该项技术就会提高该电子书的价格；反之，如果断定你不太可能购买，那么它就会降低价格以鼓励你购买。而你甚至不会知道，你在购买完全相同的商品上所支付的费用远远

高于其他人。

这些看不见的墙还存在于我们的数字政治生活中。正如《搜索引擎没告诉你的事》（*The Filter Bubble: What the Internet Is Hiding From You*）的作者伊莱·帕理泽（Eli Pariser）所说的那样，互联网根据我们每天在线互动的情况，生成隐藏的配置文件，然后通过提供与这些文件相匹配的服务内容，为我们展示出“它认为我们想要看到的”东西。这种幕后行为通过在线“回音室”（echo chambers）使我们的政治观点得以进一步强化，这种在线回音室会对我们已经认为是真实的东西进行进一步确认，而非提出异议。正如哈佛大学学者卡斯·森斯坦（Cass Sunstein）所写的那样，那些仅与持相同政治观点的人公开讨论问题的自由派和保守派人士，会对自己的观点变得更加自信，而其态度会变得更为极端。

隔离与分离手段在网上正愈演愈烈。个性化的乐趣亦有其阴暗的一面。（翻译　詹浩）



看不懂的用户条款

网上的隐私协议与服务协议，措辞应当直截了当。

撰文　戴维·波格（**David Pogue**）

Instagram是一款可以让用户拍摄照片、添加图片特效然后分享的手机应用软件，其发展空间巨大，大到Facebook肯花10亿美元买下来。

然而2012年下半年时，Instagram干了一件蠢到家的事——它更改了自己的使用条款，也就是用户使用其服务需要遵守的规则。新条款中有这么一条：“您同意企业或其他第三方团体向我们支付费用，以展示您的用户名、头像、照片……且无须向您支付任何报酬。”

用户的反弹来得迅速而猛烈。博客写手纷纷发文抨击。用户成批退出Instagram。律师着手提起集体诉讼。

Instagram公司的CEO出面道歉，恢复了原有的协议内容，并解释道："Instagram无意出售您的照片，也从未这么做过。"他还表示，"法律文书很容易被错误地解读"。

嗯，似乎是这样没错。Instagram恐怕也不是第一家发布不知分寸、自说自话的服务条款，引发公众反感，继而撤回前言、出面道歉的互联网公司。

早在2009年，Facebook新出台的用户协议中就曾列出：用户将为该企业提供"使用、复制、发表……修改、编辑、包装、翻译、引用、改编、演绎并传播……您所发布的任何内容"的永久授权。

遭到公众的激烈反对后，Facebook改回了原有条款（不过他们现在又出台了一系列新条款）。一名发言人表示，"我们从来无意混淆大家的认知，Facebook并不会争夺也从未争夺过大家的内容所有权"。等等，这叫什么话？

谷歌（Google）也蹚过这样的浑水。那是该公司刚推出在线存储服务谷歌云端硬盘（Google Drive）的时候，其使用条款中曾提到（而且谷歌现在的通用政策仍然如此）：如果你将文件存储在谷歌云端硬盘中，则视同你授予谷歌"在全球范围内使用、掌管、存储、复制、修改……并传播这些内容的权限"。

被用户猛烈攻击之后，谷歌便列举出服务条款中的其他语句来辩护，其大意是，"您的资料还是您的"。

这是怎么回事？你的资料到底归谁所有？

"这类措辞在任何涉及用户创造内容（user-generated content）的网站上都很常见，"美国洛杉矶的一位知识产权律师阿兰·弗瑞尔（Alan Friel）说，他整天都在写这类协议条款。这种涉及"使用、修改、传播许可"的表述，称作"便利处置权利"（facilitative rights）。这意味着你将授权企业在其网站上处理并展示你所拥有的内容。"修改"的意思类似于"基于Facebook的模板进行调整"；"演出"的意思是"允许播放你所发布的音乐或视频"；"传播"则意味着将会"复制到Facebook的许多服务器中"，依此类推。

所谓的"衍生作品"又是什么意思呢？这是为了免除媒体公司的法律责任。弗瑞尔说，"这些公司担心，如果一开始让用户上传内容、提供创意，万一公司创作了一部内容相仿的电视剧，就可能遭到用户起诉"。

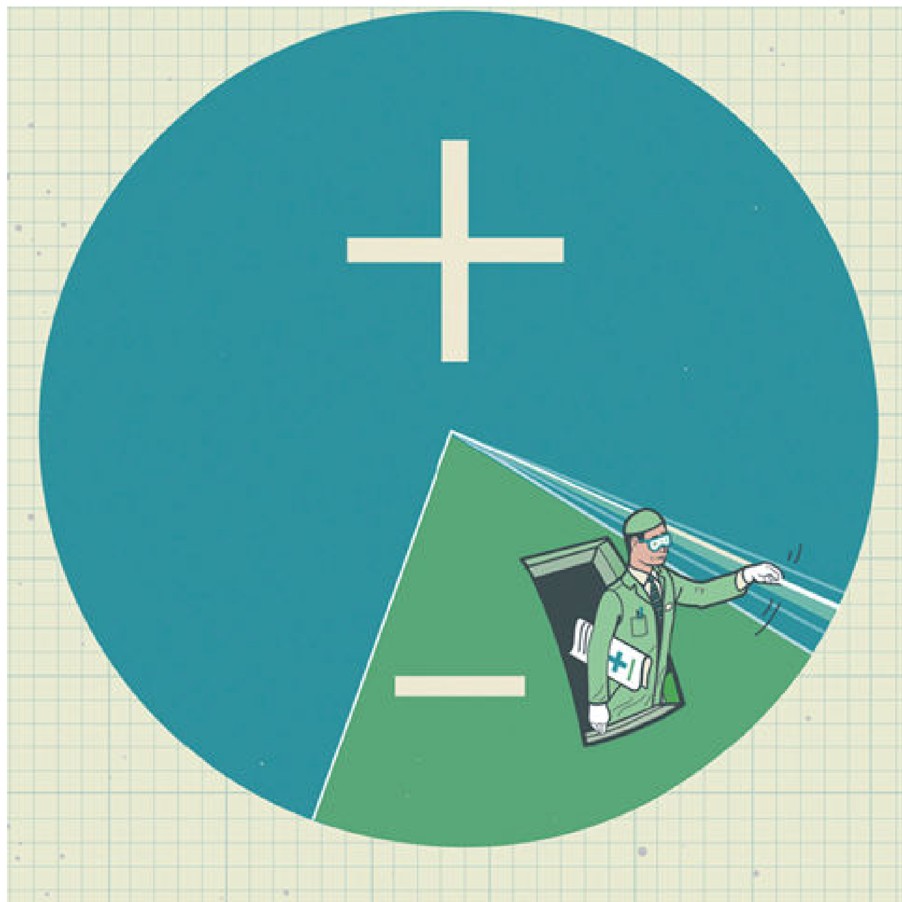
在每一出围绕服务条款上演的戏码中，公众似乎都认为互联网公司

是在和用户争夺内容的所有权。而事实上，这些协议条款只是让企业拥有用户原创内容的非独家使用授权，通常是以一种无伤大雅或者至少可以理解的方式使用，比如在广告里展示。不过单就字面意思而言，企业可以享有这些权利吗？他们可以把你发布的内容“修改”得面目全非吗？他们可以授权美国步枪协会（NRA）或其他内容的广告使用你发在Instagram上的照片吗？

严格来说，他们是可以的。但是不太可能真的这么做。否则，消费者一定会反弹，然后成批地退出这些企业的网站。而像Facebook、Instagram这样的企业，用户发布的内容本身就是受版权保护的，那么向第三方传播这些内容，便会让企业失去法律的庇护。

另外，企业完全可以写出一份不会激怒用户的协议。相较于谷歌的表述，不如来看看同样提供云存储服务SkyDrive的微软怎么说：“您的内容仍是您的内容，您自行对其负责。此外，我方也不会控制、验证、担保您及他人在服务上提供的内容，或者为这些内容支付费用或对其承担任何责任。”搞定！

这些企业肯定明白普通民众并不是律师。那他们为何不把话说得明白点呢？还是那句话，我们要对自己的愿望持谨慎态度。如果真的让这些企业说出他们的意图，他们会说：“我们的存在就是为了剥削您的创造力。对此不喜者，走好不送。”（翻译　薄锦）



利益左右科学

利益的竞争和冲突导致许多医学发现被扭曲了。

撰文 约翰·约安尼季斯（**John P. A. Loannidis**）

近些年在同行评估的科研领域，虚报和夸大结果已经形成风气。这个问题在经济学、社会学，甚至自然科学领域都很严重，在生物医药领域尤为过分。许多宣称有用的药物或治疗方法后来被证明并不是那么回事。我们只要看看关于β-胡萝卜素、维生素E、激素治疗、万络（Vioxx，一种抗关节炎药）以及文迪雅（Avandia，一种治疗糖尿病的药）相互矛盾的发现就可以明白了。即使真有效用，其治疗效果也比宣传的要小。

这个问题开始于公众对科学的期望值不断增加。科学家也是人，他们也倾向于展示自己的博学多识，哪怕超出了他们的能力。在许多领域，审查者的数量在呈指数级增长，他们所做的实验、观察和分析的数量也在增加，但是却缺乏防止偏见的有效措施。研究是分开进行的，竞争很激烈，而且结论往往只考虑到某一项研究而不是宏观背景。

许多研究是为了完成既定的课题而做，并非为追求真理。无所不在的利益冲突同时也会影响到研究结论。在卫生保健领域，一项研究往往在公司的授意下完成，而研究的结果与公司的利益息息相关。甚至学术型的研究，也往往是以能否发表正面的结果来衡量成功与否。一些影响力高的期刊的垄断也会对经费拨给、学术生涯以及市场分配产生扭曲效应。科研是按照产业需要来进行安排的，产业也会对学术地位、期刊收入甚至公共投入产生影响。

这些危机不应该动摇人们对科学方法的信心，能够证伪始终是科学的标志，但科学家仍须改进他们做研究和传播论据的方式。

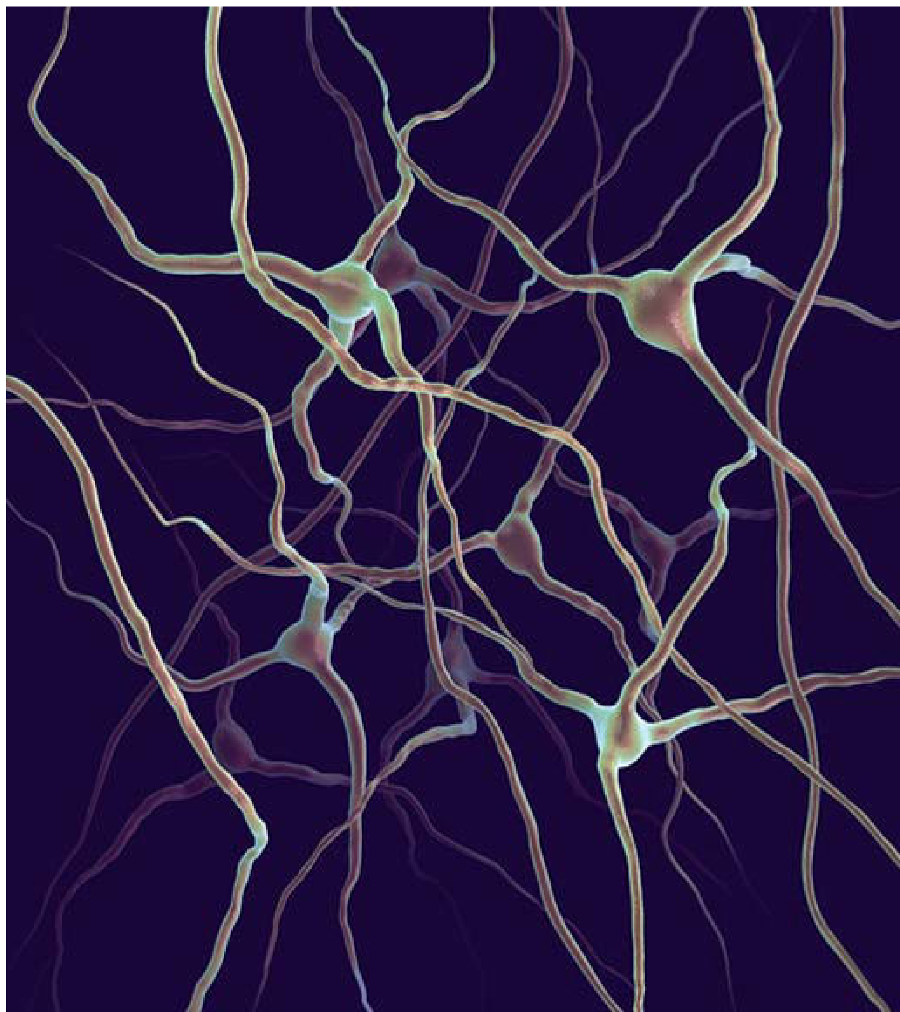
首先，对于任何宣称有新发现的论文，我们必须要求有严格和广泛的外部验证——这些验证以额外的研究形式进行。许多领域忽略了重复验证的必要性，或者做得很马虎。其次，科研论文应该把那些已经进行的、容易导致研究者低估假阳性的分析数量考虑进去。当然，那也意味着一些可靠的结论可能会被忽略。这时大规模的国际合作也许是必不可少的。人类基因组流行病学领域就是一个很好的范例，因为大规模的合作严格地排除了一些遗传的风险因素。

判断结果可靠性的最佳方法，是在科学家开始实验之前就详细记录他们的实验方法和步骤，并在实验完成之后披露完整的结果和数据。目前，公布的实验结果常常是经过选择的，强调的是其中最令人兴奋的结果，而局外人往往不具备重复这些课题的条件。对每一篇发表的论文，杂志社和提供经费的机构都应该鼓励作者让公众获得所有的数据和分析方法。如果科学家能提前声明他们的数据有局限性，或他们的研究里有某些固有缺陷，那也很好。同样地，科学家和研究经费的提供者应该完全披露所有潜在的利益冲突。

一些研究领域已经采用了上述机制中的一种或几种。大规模的国际合作在流行病领域很常见；《内科医学年鉴》和《美国医学协会杂志》等期刊要求作者列出研究的局限性；许多杂志会问作者有关利益冲突的问题。然而，这些措施要得到广泛应用并不容易。

许多跟课题有较大利益关系的科学家会拒绝进行完全披露。更重要的是，许多基础研究已经被制药厂和生物医药设备制造商抛弃，厂商们有时按照对自己产品最有利的方式来设计和发表研究成果，这很可耻。如果实证临床医学和人口研究领域的投入在不断增加，那么这些研究的设计不应该由厂商来完成，而应该由没有利害关系的科学家来完成。

最后，对于那些将影响治疗和政策决定的发现，研究人员应该公开其所有不确定性。对于患者和医生来说，一种治疗方法哪怕只有1%的成功机会他们就愿意去尝试。但是，我们必须对这种成功的概率有清楚的认识。（翻译　阮南捷）



高风险下的新药开发

对制药巨头而言，研发神经精神疾病药物的风险着实巨大。

撰文　肯尼斯·凯丁（**Kenneth I. Kaitin**）
克里斯托弗·米尔恩（**Christopher P. Milne**）

精神分裂症、抑郁症、成瘾等神经精神类疾病不仅带来病痛，而且每年还会造成数十亿美元的损失。据世界卫生组织统计，如果按引起过

早死的病例数，以及对人类寿命的影响来计算，神经和精神类疾病占全世界疾病负担的13%。

尽管急需更好的新型药物来治疗阿尔茨海默病、帕金森病之类的精神类和神经退行性疾病，但对大型制药公司来说，研发相关药物却过于复杂和昂贵。花费数百万美元研发的新药随时可能失败，投资风险巨大。因此，大型制药公司纷纷终止神经精神类和其他中枢神经系统（CNS）药物的研发。

我们在塔夫斯药物研发中心的团队调查了制药和生物技术公司的药物开发流程后，得出了以上结论。根据调查，我们大致能估计出新药研发所需的时间、成本和所要承担的风险。我们的分析显示，研发中枢神经系统药物的困难程度，远超大多数药物。

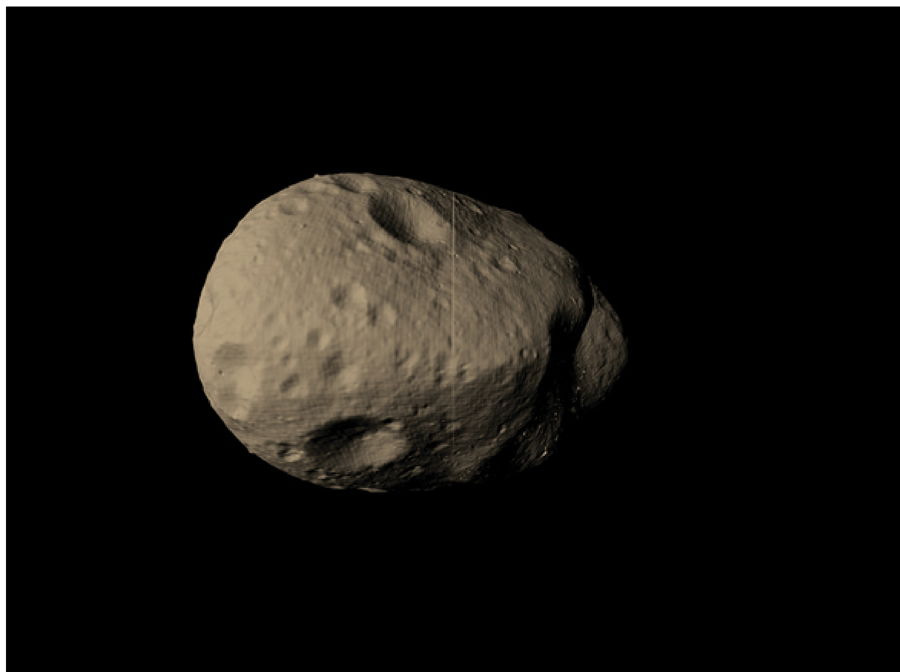
问题之一在于：神经精神类药物的研发周期过长。我们发现，一种CNS药物需要花费8.1年进行人体测试，比药物平均测试周期长两年以上。获取监管部门审批的时间也更长——1.9年，而所有药物平均只需1.2年。再加上临床研究和实验通常所需的6～10年，CNS药物从实验室到病人手中共需约18年。

只有少数候选药物能挨过这些严酷的考验。在进行人体实验的CNS候选药物中，只有8.2%最终能上市，而对所有药物来说，这个比例是15%。失败有可能发生在后期的临床实验中，而此时，实验消耗的资源和经费已经非常多了。只有46%的CNS候选药物在后期实验中获得成功——相比之下，所有药物的平均过关率为66%。这些因素都导致研发CNS药物的成本在所有医疗领域处于最高水平。

研发这些药物的风险为何如此巨大？评判一种抗生素候选药物是否有效要相对直接一些——要么能杀死细菌，要么不能，而且一个疗程通常只持续数天，这就避免了长时间的安全性和有效性测试。但对于CNS药物，这却是问题。对于精神分裂症发作期的缩短，或者阿尔茨海默病患者认知能力的提高，你很难判断是药物的作用结果，还是病人情况的随机起伏。治疗过程还可能持续病人的一生。这就难怪CNS药物研发的成功率如此之低。

在美国，一些针对CNS药物研发的援助措施将逐步出台。由政府机构、制药公司、病人权益倡导组织组成的抗重大疾病联盟（Coalition Against Major Diseases）开发了一个标准化的临床实验数据库，以便让研究者设计出更有效的研发方案。这个项目最初针对的是阿尔茨海默病

和帕金森病。奥巴马总统的医疗改革法案中也有一些条款：为医药领域的创新成果提供奖励。其中一项是医疗加速网络（Cures Acceleration network），让美国国立卫生研究院（National Institutes of Health）帮助科学家筛选有希望的药物。最终，新型CNS药物的开发可能得依靠网络化的创新手段——多家组织共担风险，同享成果。显然，一家公司、研究所或者组织，无力独自面对开发新型神经精神类药物所面临的挑战。（翻译　王超）



阻击太空杀手

目前尚无人承接这个任务：阻击某些小行星，以免它们撞上地球，从而让人类文明免于毁灭。

撰文　爱德华·卢（**Edward T. Lu**）

过去一段时间里，美国的航天计划经历了一次大清盘，使其航天目标让人摸不着头脑。为此，我有一个建议：美国航空航天局（NASA）应与其他国家的空间机构和私营机构合作，共同承担起一项重任，即严密监视小行星运行轨道，决不让具有破坏性的小行星撞上地球。从长期来看，没有什么项目比保护人类免于毁灭更有价值，或者就短期而言，也没有什么项目比这更令人肃然起敬。

乍一看，小行星似乎是一种遥远的威胁。但其危险是有据可寻的，而且后果可能相当严重。小行星撞击曾在地球生命的演化过程中发挥过巨大作用。有人估计，有100万颗直径超过40米的小行星围绕太阳运行的轨道就在地球附近。1908年，就是一颗这么大的小行星撞在了西伯利

亚的土地上，留下一片不毛之地，其面积比广岛原子弹所造成的损毁面积大150倍。这一事件在本世纪重演的可能性大约为50%。就更极端的情况而言，直径超过1,000米的小行星便会带来一些全球性影响，甚至危及人类文明。

防止小行星撞击地球的第一步是预测。我们必须找到、跟踪并预测那100万颗近地天体的运行轨迹。天文学家已经将大多数直径为1,000米左右的近地天体的运行轨道纳入监测范围，而监测发现这些小行星在今后100年内都不会撞击地球。但科学家目前尚未对直径较小的小行星运行轨道进行监测，它们数量更多，而这些小行星足以毁灭一个国家或引发一场海啸，并摧毁一些沿海城市。下一步我们就应该着手进行这项工作了。

小行星的温度比天空的背景温度高，因此在红外观测中很容易被观测到。然而，红外望远镜也有盲点：它们不能直接对着太阳的方向观测，这限制了安置在地球上或近地望远镜的观测效果。2009年，美国国家科学研究委员会向美国航空航天局建议，将一艘红外探测飞船定位在一个围绕太阳旋转的轨道上，轨道位置接近金星。当飞船朝远离太阳的方向观测时，其天文望远镜会发现在地球上无法观测到的那些小行星。该探测一旦成功实施，其有效性将持续大约100年。100年后，被监测的小行星的运行轨道会因引力相互作用而发生改变，因此我们将不得不再进行一次这样的探测。这样一项任务将花费数亿美元，这肯定十分昂贵，但是与美国航空航天局现行的预算比起来，又算是相当便宜了，更不用说与小行星撞击地球所造成的损失相比了。

如果天文学家发现某颗小行星运行在一条会与地球相撞的轨道上，那么我们的任务将是着手改变它的运行轨道，以防止它撞击地球。如果我们发现这颗小行星的时间足够早（比它与地球相撞的预计时间早几十年），那么有多项现有技术能达成这一目标：拖走它，砸烂它，用核武器摧毁它，或者数技兼施，使之不会与地球相撞。（我和同事曾建议用火箭推开这种小行星，但是根据对小行星的特性和运行轨道的最新研究，我们已经开始重新考虑这个建议了。）

然而，没有任何人能确保这些方法真的能阻击小行星。当然，在真的需要使用这些方法之前肯定要有时间对它们进行鉴定。美国航空航天局和其他组织应当以一种可控的方式转移一颗没有撞击威胁的小行星，以此开发和实验一种方法。鉴于对小行星的运行轨道做一次全面探测的

任务甚至还没有开始，如果在我们有时间进行一次演练之前就发现有一颗小行星正在向地球撞来，就真正危险了。因此，我们必须现在就着手这项工作，这项工作并不会大幅度增加美国航空航天局的预算。

存在于行星系统的所有文明最终都必须应对小行星带来的威胁，否则他们都将会重蹈恐龙灭绝的覆辙。我们需要预测出小行星撞击地球的时间，如有必要，则需要提前改变有威胁的小行星的运行轨道。实际上，我们必须得改变太阳系的演化进程。（翻译　詹浩）



超级计算机与小制造商

振兴美国制造业的关键在于能让美国的超级计算机为小型制造商服务。

撰文　唐纳德·拉姆（**Donald Q. Lamb**）

美国向来被认为是制造业强国。在过去近30年里，我们已将这一领导地位拱手让出，这在很大程度上是因为我们自觉地或不自觉地作出了这样一个判断：美国的服务业和金融业足以维持经济的稳定发展，但实际情况并非如此。服务业报酬很少，金融业几乎不产生任何价值，因而它们无法维持，更不用说提高美国的生活水平了。

制造业的命运在某些方面与我们物理科学领域的实力息息相关。20

世纪60年代和70年代，美国国家实验室研发的高性能计算（HPC）进入了制造业，目前，HPC为该领域大多数成功的商业公司助了一臂之力，帮助它们进行创新。然而我们现在正在交出物理科学领域的领导权。20世纪90年代，超导超级对撞机项目下马，结束了美国在粒子物理学领域的主导地位。此外，美国航空航天局（NASA）决定推迟广域红外线巡天望远镜项目，并最终可能放弃这个项目，也将会让美国失去在宇宙学领域的领先地位。

幸运的是，美国在高性能计算（HPC）领域仍保持着领先地位。HPC是物理学家建立黑洞动力学模型，气象学家建立气候模型以及工程师模拟燃烧过程所使用的高级计算技术。我们拯救美国制造业的最大希望也可能就寄托在HPC身上。如果我们能够成功地让一些小型制造商的工程技术人员用上HPC，就会对美国制造商有所帮助，从而让它们能够同海外较低的劳动力成本一较高下。

我们已经知道了HPC对于一些大型制造商的帮助有多大。20世纪80年代，波音公司制造767客机时曾对77个机翼模型进行了风洞试验，而2005年制造787客机时只试验了11个模型机翼。今后波音公司计划将试验的模型机翼数量减至3个。该公司使用虚拟风洞来取代物理风洞，在超级计算机上模拟风洞试验，这将节省许多时间和金钱，并加快新产品的研发速度。在更广泛的领域内，HPC建模和仿真同样已经成为设计装配线和制造工艺的一种强大工具，诸如卡特彼勒公司、通用电气公司、固特异公司和宝洁公司之类的大型制造商现在常常使用这些工具。小型制造商只要有机会用上它们，也一样能从中受益。

2009年，我作为奥巴马政府过渡班子中的一员首次感受到HPC对于小型制造业发展的助推潜力。在美国竞争力委员会（Council on Competitiveness）的通力合作下，我们发现，缺少软件、门槛费和技能短缺是一些小型制造商使用HPC的主要障碍，我们建议在美国政府、制造业界和大学之间建立一种协同机制，以帮助他们克服这些障碍。最终，美国成立了国家数字工程与制造联合会（NDEMC），它是由美国竞争力委员会和联邦政府共同创建的一个试点工程。

目前，NDEMC已让包括捷虹塑胶制品公司在内的少数公司能利用上HPC资源。捷虹塑胶制品公司是美国印第安纳州普兰菲尔德的一家小公司，只有25位雇员，其制造用于封装汽车零部件的塑料箱。这种塑料箱成本较低，用于替代钢制箱，因为钢制箱较重且易于生锈。以前捷虹

公司开发一种新产品时，需要先由工程技术人员做一个原型产品并在实验室中进行测试，看它在现场可能遇到的应力条件下的承受能力，并重复这一过程，直到达到最佳设计效果为止。然而2011年12月，在为一家德国汽车公司设计塑料包装箱时，捷虹公司的工程技术人员获得了美国普渡大学的专业帮助，建立这种塑料箱的模型，并在俄亥俄州哥伦布超级计算中心的硬件上测试这些模型。结果，捷虹公司完全避免了以往的那种试错实验工艺过程，仅仅用了几个小时，就在计算机上完成了一项设计。

许多其他小型制造商也一样能受益。NDEMC的目标在于寻找一些最好的运营模式，让HPC为这些小型公司提供服务，并最终向全国推广这些运营模式。现在的小型制造商在某些方面就像20世纪初的农场主，当时的大多数农场主都不知道等高耕作（梯田）、轮作和肥料能够提高生产力效率。在美国农业推广服务时，赠地大学（美国联邦政府将拥有的土地赠与各州所兴办、资助的高等教育机构）也参与进来，提供必要的专业知识，结果引发了一场农业生产力革命。如果我们能够让小型制造商的工程技术人员掌握超级计算技术，那么就有可能给小型制造商带来一场类似的革命。（翻译　詹浩）



知识是累赘

高不可攀的信息大山可能会掩盖更深层次的科学问题。

撰文　斯图亚特·费尔斯坦（**Stuart Firestein**）

大多数学者都一致认为，牛顿在17世纪正式提出力学与引力定律和发明微积分时，可能通晓那个时代所能知道的所有科学知识。在其后的350年里，自然科学和数学界发表了大约5亿篇科研论文，出版了数不清的科技图书。现在，高中生可能比牛顿拥有更多的科学知识，然而对于许多人来说，科学似乎仍是一座高不可攀的信息大山。

科学家一直在设法攀越这座大山，他们所采取的一种方法是使自己越来越专业化，而这种方法成效有限。作为一名生物学家，我并不指望能读懂哪怕一篇物理学论文中的头两个句子。即使是免疫学或细胞生物学方面的论文，也让我丈二和尚摸不着头脑——而且在我自己的专业领域——神经生物学，一些论文也让我迷惑不解。我的专业似乎每天都在

变得越来越狭窄。因而科学家不得不求助于另一种方法来攀越这座信息大山，即基本上无视它的存在。

这种态度不应该让人大惊小怪。当然，作为一名科学家你必须知道许多知识，但是知道许多知识并不能使你成为一名科学家。真正能使你成为一名科学家的东西是无知。看起来这种说法可能有些荒唐，但是对于科学家来说，这恰恰是成长的起跑点。在科学界，每一个新发现都会产生出10个新问题，这是爱尔兰剧作家萧伯纳（George Bernard Shaw）在一次晚宴上给爱因斯坦祝酒时说的一句玩笑话。

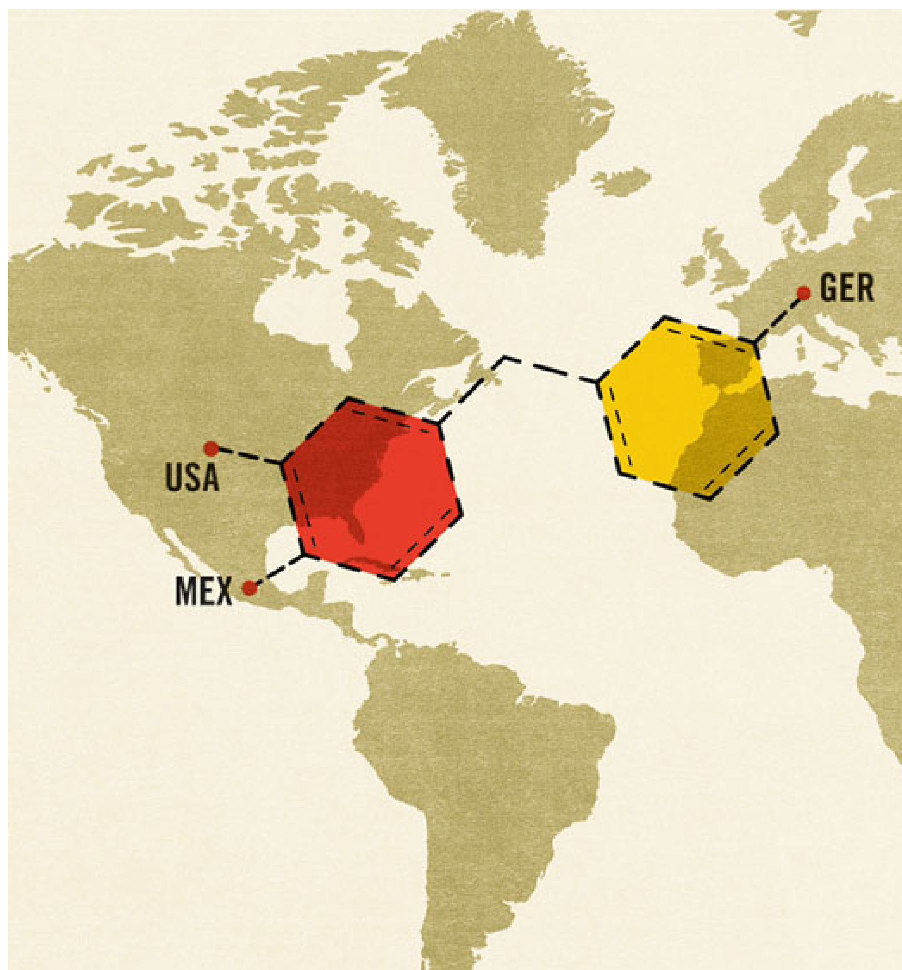
按照这种算法，无知的增长速度将总是快过知识。科学家和普通大众都会同意，我们还不知道的东西比我们所知道的一切要多得多。更重要的是，每天我们都会知道更多我们“不知道”的东西。科学知识的一个关键成果在于产生出一些更好的新方法，进而使科学家变得无知。这种无知不是那种与缺乏好奇心或教育有关的无知，而是一种受过培养的、高素质的无知。这就触及到科学家科研工作的实质：凸显高素质的无知。科学家可以在申请科研经费时或在科学会议的酒会上进行这一工作。麦克斯韦可能是牛顿和爱因斯坦两个时代之间最伟大的物理学家，正如他所说的那样：“真正意识到无知，是知识每一次真正向前推进的前奏。”

对科学的这种“问题重于答案”的看法，对于人们来说应该是某种程度的压力释放。它使人们对科学减少恐惧感并增加好感，其实这会使科学变得更加有趣。科学变成一系列精彩的谜题和谜中谜，而又有谁会不喜欢有趣的谜题呢？问题比答案更容易理解，并且常常更为有趣。答案往往是科研进程的终点，而问题却是科研进程精彩的高潮。虽然我拥有博士头衔，但是却无法理解免疫学方面的许多知识，而有趣的是大多数免疫学家也无法全都知道——现在没有一个人能面面俱到、无所不知。然而我能够知道那些免疫学发展的核心问题。虽然我并不假装自己了解有关量子物理学的许多知识，但是我却能明白那个领域的问题是如何产生的，以及这些问题为何如此重要。强调无知是一种广义的概念，人们在无限的空间面前不过沧海一粟，显得十分渺小，这让人们感到平等。

科学知识迅速增多，大量信息堆积如山，这座山对于我们来说太高太大了，以至于我们从来也没有打算去征服它。最近，公众对科学的这方面已经不太感兴趣了。但是如果科学家更多地谈论问题，而不是以大量的行话让你对他们望而生厌；如果媒体不仅报道新发现，而且还报道

这些新发现所回答的问题和产生的新谜题；如果教育工作者不再向人们灌输在维基百科上就可以获得的信息，那么我们可能会发现：人们将再次参与到过去450年来一直进行着的这一大冒险——科研活动中。

因此当我们遇到一位科学家时，不是去问他（她）知道什么，而是问他（她）想要知道什么。这对于双方来说都是一种更好的交谈方式。（翻译　詹浩）



文化差异　科学动力

在科研工作中，科研人才多国化与多学科化一样重要。

撰文　艾丽斯·加斯特（**Alice P. Gast**）

虽然各国在足球比赛和国际关系方面是竞争对手，但是科学却是一股将它们整合到一起的力量。我们取得的许多伟大科技成果就来自于国际科研合作。2003年，来自9个国家11个实验室的科学家组成的研究团队以史无前例的速度鉴定出了SARS冠状病毒。在日内瓦附近的大型强子

对撞机实验室，为捕获希格斯玻色子而汇聚了来自世界各国的科学家。顶尖的科研中心遍布全世界，科学研究工作正日趋国际化。

然而身处这一国际化潮流之中，人们却一直未曾正确认识到，该趋势对科学本身和科学研究的实际运作方式所带来的影响。一些伟大的发现来自于跨学科思维，这早已成为人们的共识，比如在对于某一材料问题的研讨中，从化学家的角度能给人们一些有益的提示；在生物学问题上，物理学家可能给出一些真知灼见；生物学家则能帮助工程技术人员了解自然界的运作方式，以提供一些最佳解决方案。但几乎没有人认识到，当科研团队成员以各种不同文化方式解决问题时，会给科研工作带来多大活力。科研工作中，人才多国化与多学科化同等重要。

我一直在亲历这一国际多元化过程。我与来自墨西哥和德国的同事一起工作多年。在许多事情上我们都有共同的爱好：我们都喜欢美食，喜欢徒步旅行，喜欢与我们研究工作有关的数学和物理学。不过，当我们开始在黑板上写出一些公式时，我们的文化差异就变得明显起来。

当我们第一次开始合作时，我们所采取的科研方式似乎是相互冲突的。我们所研究的这些物理学问题——悬浮颗粒流体——是很棘手的。它们包含着许多未知参数，并且流体物理学研究还面临着许多约束条件和边界条件——一些不能突破的规则，它们就像物质不灭定律或一堵不可逾越的墙。在研究一些复杂的公式时，我的墨西哥同事想将这些规则放宽松一些，以使数学问题更容易解决，然后再将它们放回到严格的条件下加以处理。这样一来就让我们的德国朋友感到无法接受，于是他们就不断提醒我们不要忘记约束条件和边界条件，确保我们不致偏离正道太远而误入歧途。我所接受的美国文化教育却让我保持一种中间态度：我既要考虑这些约束条件，又想暂时将它们放宽松一些。

多年来，不同观点冲突碰撞所产生的创意火花给我们的科研工作带来了成功。这个德国人、墨西哥人还有几个美国人的研究团队一道解决了具有挑战性的多体水动力学（multibody hydrodynamics）问题——微粒群挤压流体的数学描述，这个复杂的数学描述可以解释浆状流体和悬浮颗粒流体的流动方式。

1985年在巴黎从事北约（NATO）博士后研究期间，我第一次感受到跨文化思维带来的研究活力。法国同事教会我以不同的方法简化和厘清物理学问题。和采用典型的美国文化方式（以大量的数学公式解决问题）相比，对问题本身的美学和对直观感觉的价值判断，使我们更容易

找到答案。后来在德国，作为亚历山大·冯·洪堡基金会奖金的获得者，我发现采用一种精心安排的战术和战略方法处理实验问题，能减少试错的次数。

这种思维多元化的力量开始展现在一些国际性会议上，在那里有机会倾听和请教一些问题，思考一些问题，相互探讨和批评指教，以及在会议结束后继续对话。

一些新型研究机构如雨后春笋般涌现出来，它们利用了国际合作的协同作用优势。新加坡已创建了一个高度国际化的科研平台，在那里人才济济，相互促进和竞争，建立起了一些全世界最好的科研团队。2011年12月，阿卜杜拉国王科技大学的第二批理工科硕士毕业，他们来自沙特阿拉伯、中国、墨西哥、美国和其他29个国家。一些实验室、研究所和大学成为人才汇聚的中心，它们将最优秀的科学家聚集起来，一起去解决最困难的问题。

实现跨国界科研，将对科学家有更大的需求。随着科研工作的不断深入，科学家将变得越来越专业化，拓宽知识面和拥有合作经验使他们能更好地“以不同的方式思考”和“将多学科知识点联系起来”，从而获得新的发现。这最终将带来更好的科学研究工作和取得更多的科研成果。（翻译　詹浩）



移动医疗来了

移动装置有可能成为强有力的医疗工具。

撰文　弗朗西斯·柯林斯（**Francis Collins**）

作为移动医疗技术实验的一位自愿者，我可以证明移动医疗非常吸引人，拿起你的iPhone，启动应用程序，监测你的心跳和心律，然后将你的心电图（ECG）读数发送给远方的心脏病学家。作为一名医生和科研人员，我还知道这种令人神往的移动医疗技术不一定等同于完美的科学技术或完善的保健实践，它仍面临着挑战。

近年来，使用手机和无线传感器来收集和存取医疗数据发展迅速。广泛使用的移动医疗应用程序主要用于计算卡路里，调节营养状态，跟踪锻炼情况，计算体重指数和帮助戒烟。在有助于医学研究和医疗保健的移动医疗应用前景面前，这些成效就显得有点太小儿科了。

移动装置提供了非常有吸引力的低成本实时方法，以评估疾病、运动、影像、行为、社会交往、环境毒素、代谢产物和许多其他生理参数。许多移动医疗技术可能应用于生物医学研究领域中的一些高难度创

新项目，与此同时，生物医学研究可以为移动医疗应用提供基础证据，这正是目前许多移动医疗应用所缺少的。

因为移动装置很小并且在运行时所需的能源极少，所以它们能以前所未有的方式将科研实验室带到患者身边。例如，临床实验参与者能够避免往返研究机构、记录日常活动或者携带笨重的监测装置所带来的不便。科研工作者还可以获得质量更高的数据资料，因为有关运动、饮食、疼痛等的工作日记和问卷调查都是出了名的不可靠。实时连续的生物学、行为和环境数据能大大改进对疾病深层次原因的了解。将移动医疗数据和GPS数据结合起来，还能帮助设计早期检测和预警系统，监测与环境风险或传染性病原体有关的疾病暴发。

无线传感器能帮助科研工作者持续跟踪患者在家中的睡眠情况，不然他们只能依赖实验室的研究或患者的自我报告。医生能监测患者日常活动中的血压，而不是在诊所中测量血压，而日常活动中的血压对于患者来说最为重要。埋置有纳米传感器的可洗去的文身，可以获取血糖和血中钠离子的读数，然后通过智能手机将读数传送出去。

为了使上述一切变成现实，医学研究人员、技术开发人员和软件设计人员必须齐心协力，寻找评估新技术的途径。美国国立卫生研究院（NIH）正致力于建立跨学科的研究，这是建立用于评估与移动医疗技术有关的利益和风险的数据库所必需的。

保护医疗数据的隐私权和安全性对于移动医疗来说是一项挑战。我们如何既能保护实验参与者和普通用户的权益，又不给研究和医疗质量带来负面影响？谁来为移动医疗数据的隐私保护制定规则？如果隐私权遭到侵犯，又由谁来提供保护？

我们还必须了解人们在其日常生活中实际使用移动医疗的方式。我估计当下大多数用户都像我一样，把他们的新型移动医疗应用程序当作引人关注的玩具，而不是改善健康状况的有用工具。然而我相信，在许多病症确定的患者身上，移动医疗能发挥真正的潜力。例如有一些患I型糖尿病的儿童参加了为期一年的无线技术病例对照研究，以监测和控制血糖水平。这项研究发表在《糖尿病医疗护理》（*Diabetes Care*）杂志上。研究结果表明：和未使用该系统的青少年相比，使用该自动系统的青少年的血糖控制和糖尿病自我医护能力要明显好得多。这是一个值得移动医疗技术欢欣鼓舞的时刻。（翻译　詹浩）



告别赢家通吃

科学家之间的激烈竞争已带来一些麻烦。是否有比优先权规则更好的解决办法呢？

撰文　阿图罗·卡萨德沃尔（**Arturo Casadevall**）
费里克·范格（**Ferric C. Fang**）

当牛顿发明微积分和他的引力理论时，他获得了比启动初期股票期权或一个年终奖金大红包多得多的回报。他的研究成果让他获得荣誉并得到同行的承认——最终赢得了世界的认可。自牛顿以来，科学界已经发生了很大的变化，但是这一基本事实并未改变：科学界流行的是做出业绩、赢得荣誉。

科学成就所带来的荣誉应如何加以分配呢？这个问题给科学研究的工作方式，以及社会能从科学研究中获得何种回报带来了很大的影响。在科学萌芽时代，自己宣称即可对某一发明拥有发明权，而现在已经转变为首个报告该发明的个人才拥有发明权。这种“优先权规则”已导致形形色色的纠纷——牛顿与戈特弗里德·威廉·莱布尼茨（Gottfried Wilhelm Leibniz）到底谁先发明微积分的著名争论便是其中的一例，但是从总体

上说，该规则一直运行得很好。然而近年来，科学家之间的激烈竞争带来了一些麻烦，而我们已开始怀疑是否还存在一种比优先权规则更好的解决办法。

优先权规则充其量促进了良性竞争，它能够成为一种强大动力，推动科学家创新并迅速解决问题。经济学家将科学知识视为一种公共财产，这就意味着这些科学知识一旦公开发表，竞争者就能自由地利用这些知识。优先权规则鼓励科学家分享他们的知识。有些人认为，优先权规则还有助于确保社会对科学研究进行投资之后能获得最佳回报，因为在这个规则中，那些为社会作出最大贡献的科学家得到的回报最多。

然而优先权规则的赢家通吃也有其缺陷。它可能致使一些草率、不诚实、过分保密和过分强调科学论文发表载体的质量（如要在影响大的核心杂志上发表论文）等行为出现。《自然》杂志编辑就曾告诫科学家，在科研工作中要更加谨慎小心。他们列举出了许多例子，表明草率的做法日益增多，例如所公布的结果重复性差、数据错误、管控失当、方法描述不完整以及采用了不合适的统计分析等。

随着资金减少，竞争明显加剧，优先权规则的上述缺点已开始超过其带来的好处。科学家申请美国国立卫生研究院研究基金的成功率一直在下降，现在已降至历史最低点。其结果是，我们发现科学家之间的恶性竞争急剧增加，随之而来的是科学出版物因欺诈行为或错误频出而发行量下滑的情况急剧增加。科学界的一些丑闻让人联想到体育界出现的兴奋剂问题：在体育界，给予赢家不成比例的奖励一直在助长欺诈和作弊行为。

团队精神在科学界一直相当重要。对过去50年的出版物的研究表明，科研团队在科学界发挥着越来越大的主导作用，并且正在贡献具有最大影响力的研究成果。合作团队、联合研究组织和网络对于解决人类基因组计划之类的跨学科问题和大型科研任务是必不可少的。优先权规则则有可能破坏这一进程。

优先权规则在科学界的适用性从未被人们怀疑过。在当代科学界，科学家在一些鼓励合作的大型研究团队中工作，对他们来说，优先权规则是否还是最为适合的呢？另一种体系崇尚团队协同作战解决科研难题，这种体系可能更为有效。与个人成就相比，产业界更看重集体目标；NIH国际研究计划鼓励冒险精神以及与产业界和学术界建立合作伙伴关系。这两者给我们提供了截然不同但又具有教学意义的实例。或许

科学家将会乐于用优先权规则带给自己的好处（个人奖励回报）来换取这样一种体系：该体系提供了更加稳定的资助和同事关系，让人们更自由地分享信息，提供更多公平和公正，以及更完善的科学严密性和合作性。这种体系将是给科学事业和它所为之服务的社会带来巨大利益的一种发明。（翻译　詹浩）



地球工程保护北极海冰

地球工程给我们提供机会，保护残留海冰免于继续流失，这也许是最好的办法。

撰文　彼得·沃德姆斯（**Peter Wadhams**）

我第一次去北极是在1970年夏天，乘坐的是加拿大“哈德森号”海洋调查船，它当时正在执行首次环美洲巡游任务。该船为抗冰加固型，因为它必须能抵御海冰对航行的干扰。沿着阿拉斯加海岸和北美西北海域，北冰洋海冰与陆地紧紧靠在一起，仅留下几英里（1英里≈1.609千米）的缝隙让我们进行考察。有时海冰还直接爬上了海岸。这种现象人们已司空见惯，认为它再正常不过了。

但是现在，如果一艘船在夏季从白令海峡进入北极，就会发现在其前方是一片展现出开放海域的洋面。海水一直向北延伸很远，直到距北极仅几英里的地方才停住。从空中往下看，我们这个世界的最北端现在看起来是海蓝海蓝的，而非白茫茫的一片。然而事情实际上比表面上显露出的情况要糟糕得多。残留的海冰已经变得很薄——声呐测量表明，在1976年至1999年期间，海冰的平均厚度减少了43%。按照这一下降

速度，到2015年，夏季融冰的速度将超过冬季新冰积聚的速度，并且整个北极覆冰就将崩塌瓦解。

一旦夏季海冰完全消失殆尽，即便让海冰恢复并非不可能，但是潜热（latent heat，物质在物态变化过程中，在温度没有变化的情况下，吸收或释放的能量，例如水凝结成冰要放热）的物理学效应也会使海冰的恢复变得极其困难。我们将深入研究被美国科罗拉多大学博尔德分校国家雪冰数据中心主任马克·塞雷泽（Mark C. Serreze）称为北极“死亡循环”的这一现象。

一旦海冰让位于开放水域，反照率——被反射回太空的太阳辐射百分比——将从0.6下降到0.1，这样一来将加快北极变暖的速度。根据我的计算，残留的北极夏季海冰消失给地球带来的变暖效应，将等效于过去25年二氧化碳排放所产生的温室效应。由于北冰洋的三分之一为浅海大陆架海域，其洋面变暖效应将延伸至海底区域，使沿岸永久冻土带融化并触发甲烷释放，而甲烷较之二氧化碳，所产生的温室变暖效应要强烈得多。由伊戈尔·舍米列托夫（Igor Semiletov）带领的一支俄罗斯—美国科考队最近对西伯利亚沿岸200多个站点进行了实地考察，在那些地点，甲烷正从海底不断涌上来。大气测量结果也表明甲烷含量正在持续上升，最有可能主要来自北极地区的甲烷排放。

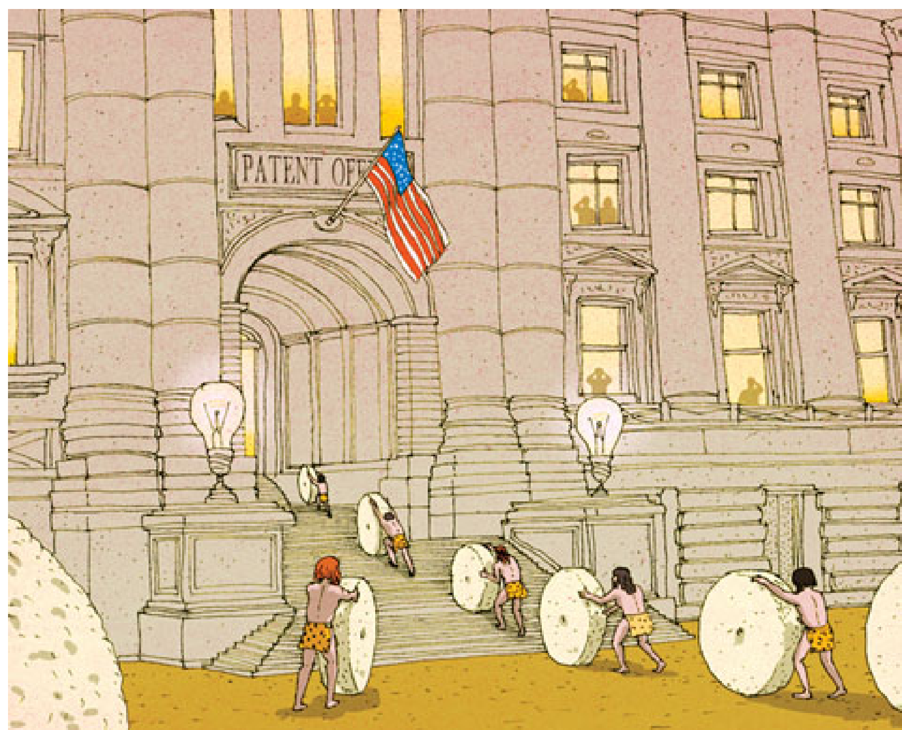
为了避免北极夏季海冰崩塌所带来的后果，我们必须让已流失掉的海冰得以恢复。我们需要做的工作不仅仅是减慢北极变暖的步伐，还必须要扭转这一趋势，让北极变冷。

减少碳排放和使用包括核能在内的可再生能源来替代化石燃料当然是最明智的长期解决方案，但是这些措施却挽救不了北极海冰。经过我们数十年的努力，全球大气中的二氧化碳浓度依然以一种高于指数率的速度持续上升。

现在是时候考虑一种根本性的解决手段了，这个手段就是地球工程。在此我所谓的地球工程是指那些通过阻挡阳光、以人工方式降低地表温度的技术。其中一项技术需要将细密的水雾喷入低空云层使之“美白”；另一项技术则涉及用气球将固态硫酸盐释放到大气层中，促使反射辐射的气溶胶形成。一种更为简单的方法是将屋顶和人行道全都涂抹成白色。上述措施都是一些小修小补的解决方法。这类解决方法将不得不持续不断地使用，一旦有任何中断都将使大气变暖进程恢复且进一步加速。这些方法也无法直接应对诸如海洋酸化之类的二氧化碳效应，但是

它们可以为我们赢得宝贵的时间。

是否存在一种可以使整个行星变冷的地球工程技术呢？有没有一种仅在夏季给北极降温，以阻止海冰消失的方法呢？在北极上空给云层美白，或释放化学剂对降水模式和温度又会带来什么影响呢？要获得上述问题的答案需要进行大量的研究和建模工作。这项工作必须立刻进行，我们再也不能为侈谈在遥远未来的某个合适日期减少二氧化碳排放量而浪费宝贵的时间了。我们必须立即采取行动。（翻译　詹浩）



受到挑战的美国专利制度

当我们见到一样东西时，如何认定它就是一种发明？

撰文　戴维·卡波斯（**David J. Kappos**）

美国专利制度是一个流行的目标课题。我们曾听说一些大型公司的大规模投资组合对一些小发明人构成了威胁，“专利钓饵”（patent trolls，专门为了打官司而申请某项专利，并且他自己永远也不会去用那项专利的人）的存在完全是为了起诉实体公司，这些人已经扰乱了新创意市场，并且大量的诉讼证明，美国的专利制度已经不再完善。

专利制度的确处于挑战的风口浪尖上。软件技术让我们的手机用上了GPS定位，CT扫描为我们提供早期健康诊断，我们还享受着其他美妙的服务，但是这类技术却难以获得专利保护。对于许多疾病的治疗来说，遗传学研究和生物技术的一些进步是至关重要的，并且需要巨额投

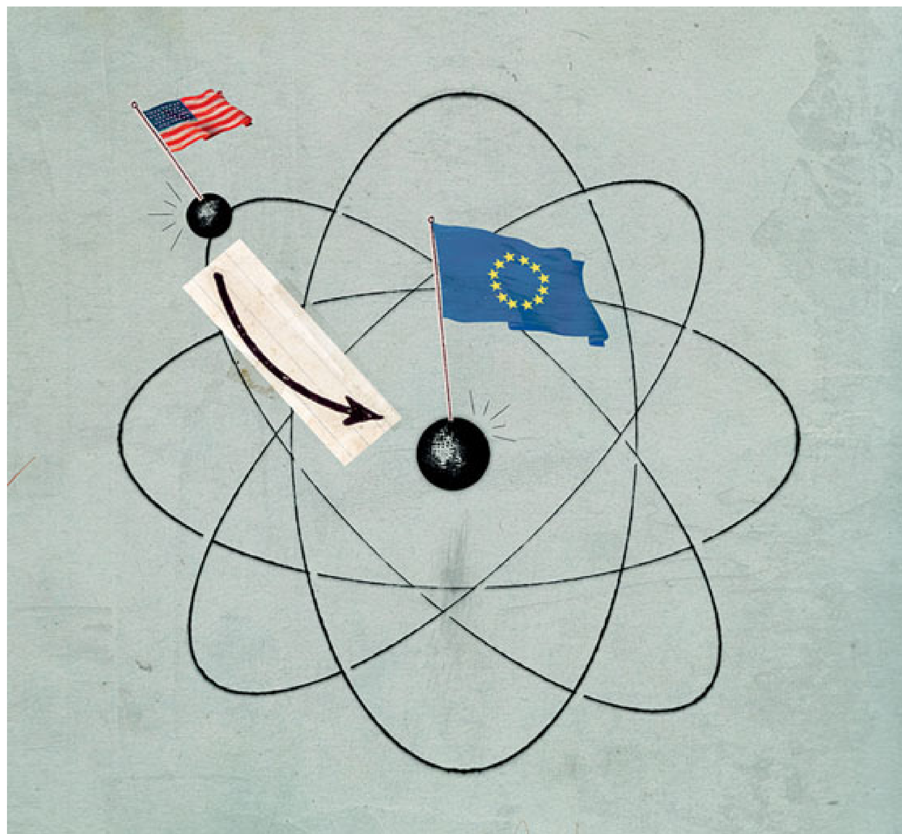
资，而这些投资依赖于专利保护，但是却往往难以界定专利发明者的权利止于何处以及公众的权利始于何处。3D打印文件是否适合专利起诉？对于从巨量数据集中提取知识的算法，其保护的范围要多大才合适？每一个基础性的创新发明都要求复审和确定适用范围，这就是专利制度成为且必须成为不断完善的课题的原因。

在19世纪中叶缝纫机迅速发展时期，一些人曾断言专利制度已经不再完善，这也是这种说法最早出现的时候。在汽车专利诉讼期间，这些说法就已经出现，并且伴随着电报、电灯照明、飞机、激光和微处理器的问世而再次出现。虽然名称和技术变化了，但是故事却是相同的：在一项热门技术近乎全面推广应用时，一个专利诉讼僵局的出现，使人们对整个系统都提出了疑问。在每个前期诉讼僵局中，当事人和解，法院宣布判决，然后事情最终获得一个令人满意的结局，这就是人们设想的专利制度运作过程，也是目前正在运作的过程。

在软件技术方面，各种智能手机冲突各方，例如在苹果和三星之间的某一方，对于少数几个真正要紧的专利，他们正在缩小诉求范围。与此同时，法院正在对这些专利的许多内容进行缩小范围的解释，在新的解释下，这些专利不再算作被侵犯了，并且，法院还提出一些裁决让双方能解决其余的分歧。在生物技术方面，美国最高法院已经颁布了指导性文件，缩小了医疗诊断技术专利的适用范围，让创新发明人更好地调整其专利申请范围。美国最高法院已经开始对分离、纯化基因序列的专利适用范围进行研究，并将颁布进一步的指导性文件以供执行。

鉴于美国创新发明取得的历史性成就，我们必须将实用主义的观点和方法作为基本原则。该原则是《美国发明法案》（AIA）的灵魂所在。美国专利制度经过了几代人的修订，AIA的最全面修订版本于2011年9月由奥巴马总统签字颁布，并于2013年春季全面生效。对于相互竞争的发明人之间，专利权的判决依据最为明显的变化是：从第一发明人变成了第一专利申请文件。对于谁发明，发明了什么和何时发明而言，这种方法将消除这类旷日持久的专利纠纷，至于发明时间，以前则是通过查验尘封已久的实验室笔记本来确认发明日期。使用一种简单、客观，公正的规则：让第一个前往提交专利申请的人获得专利，由第一申请文件取代了原来那种无休止的争吵。第一申请人的提出，也是美国朝着全球经济中的一个重要目标——让美国专利制度与其他国家的专利制度协调一致——迈出的一步。

除了第一申请文件之外，AIA还通过提供一些成本效益的快捷方法，对正在申请的专利发表评论和对已授权专利提出异议，来回应人们对已授权专利的质疑。这些新的机会提供给所有专利申请者，但对于软件技术方面的专利特别有用，因为它们的申请很难在历史上找到参考资料，它们对生物技术方面的一些专利也很适用，因为这些专利必须精确地划分界限，以确认哪些是适合保护的发现，哪些是在所有情况下均可免费使用的发现。然而AIA才刚开始实施上述方法，人们正开始体会到这些新方法和新程序所带来的结果。我们的专利局是一所伟大的国立大学，它会对成功努力所取得的业绩授予毕业证书，这个证书比任何大学的毕业证书的价值都更高。（翻译　詹浩）



超越“上帝粒子”

LHC的研究成果让人们认为，美国粒子物理学正在走向死亡，但这种说法有夸大其词之嫌。

撰文　唐·林肯（**Don Lincoln**）

物理学家发现“上帝粒子”！自从位于日内瓦附近的大型强子对撞机（LHC）开始公布数据以来，这句话便成了一条常见的新闻标题。现在，科研人员已变得更为谨慎，并且对安在希格斯玻色子头上的这一可笑名称持完全否认的态度，但是我们仍认为，LHC在2012年夏天的确发现了一种新粒子。

LHC的研究工作获得的另一个共识是：作为上个世纪全球物理学界领跑者的美国已将火炬交到欧洲手中，以及美国粒子物理学研究工作注

定要走下坡路。但是，这一共识并没有强有力的证据来支持。美国仍然是粒子物理学界的领跑者，美国物理学家决心让这一领跑优势保持下去。

可以肯定的是，有关希格斯玻色子源源不断的新传奇，是建立在来自LHC的数据的基础之上，而LHC主要由欧洲提供资助。即便如此，每一篇科研论文仍必须要由美国物理学家点头认可才行。产生这些结果的，是超环面仪器（ATLAS）实验和紧凑渺子线圈（CMS）实验，它们的规模很大，范围广泛，有全球6,600名物理学家参加，其中有1,700名来自美国96所大学、国家实验室和其他科研机构。美国科学界并没有放弃粒子物理学的研究工作。

你也不应该认为，上述1,700名科学家正在迁往欧洲。总的来说，这些物理学家仍将长住美国。虽然某些时段我们可能会飞赴欧洲，但是我们仍会回到我们在美国的家中并继续在美国的研究工作。在美国费米实验室兆电子伏特加速器（正负质子对撞机）鼎盛时期，上述情况正好反转过来。来自欧洲、亚洲和其他各大洲的科学家来到美国中部地区，工作一段时间后又乘机回家。粒子物理学研究早已是一项全球性事业，科学家会前往拥有他们所需科研设备的实验室工作。科学家们你来我往飞来飞去的这种工作方式一直延续到今天。

粒子物理学研究工作转移到欧洲主要是经济方面的原因。安装任何一台大型设备都需要耗费大量资金，并且主办国或主办地区都将获得这样的回报：研究设施坐落于其境内。要运行一个大型加速器需要工程师、程序员、技术人员和为他们提供资助的许多企业。考虑到这样一个大项目所带来的经济影响，主办国承担其中大部分的投资是完全合理的，因为这笔钱毕竟是投资于当地经济。经过多年的建造，LHC大约花费了100亿美元。这笔钱主要用于购买和安装必需的组件，以进行想要做的实验。美国为LHC和探测设备的建造投入了5.31亿美元，这是相当大的一笔款项，却只占其总费用的5%左右。

虽然美国物理学家在努力从事LHC的研究工作，但是他们在美国也拥有令人振奋的实验工作，其中一些实验才刚刚处于起步阶段。例如，在美国从事各种各样基础科学问题研究的众多国家实验室中，费米实验室的唯一使命是研究一些重大的宇宙问题。由于LHC的存在以及费米实验室的预算经费在过去几年中不断减少，在美国建造一台能量高到足以超越LHC的新型高能加速器的希望正变得越来越小。不过，费米实验室

一直在推进一种动态研究议程，研究中微子的行为，探索μ子行为的细节问题，研究暗物质和能量，改善和提升现有加速器性能，以及加大对未来加速器技术的研发力度。

上述工作不仅仅是填空补缺式的研究工作。如果美国不从事这类研究，其他国家也会进行这些实验，因为这些问题对于增进我们对宇宙的了解来说是至关重要的。事实上，费米实验室的这些高强度实验将能探测在更高能量的LHC上无法观测到的现象，并且将吸引世界各地的研究人员。

这并不是说我们对美国粒子物理学的未来前景充满希望。美国能源部对粒子物理学研究的预算经费持续下调已达10年之久，美国2008年的经济衰退加快了这一下调速度，并且华盛顿持续的政治动荡也使经济复苏充满了不确定性。

物理学家提出的关于宇宙起源和现实世界本质方面的问题，已使思想家们困惑了很久很久。在美国，我们将继续研究这些重大问题，并且我们希望解决其中的一些问题。（翻译　詹浩）



科学与偏见

美国国立卫生研究院在项目基金评审方式上可能存在的偏见，不仅有损美国非裔研究人员的利益，而且不利于那些具有创新科研思想的研究人员施展才华。

撰文　戴维·卡普兰（**David Kaplan**）

美国的生物医学研究人员通常是向美国国立卫生研究院（National Institutes of Health，简称NIH）申请研究经费。美国堪萨斯大学的唐娜·金瑟（Donna　Ginther）及其同事曾在《科学》杂志上发表的一篇针对此类研究经费审批过程的报告透露，黑人科学家获得资助的可能性显著低于白人科学家。即使排除申请人在教育背景、专业培训、论文发表、

研究获奖情况以及雇主性质等方面的差别，这种差异还是非常明显。

该论文的作者表示，种族偏见不太可能是造成上述现象的原因，因为评审人员并不知道申请者的种族背景。在同期《科学》杂志上发表的另一篇文章中，几位著名的黑人生物医学科学家也对存在种族偏见表示怀疑。他们认为NIH的评审对于研究经费的审批，完全是根据申请项目的科学质量而定。然而，除了偏见以外，到底是什么造成了上述种族差异呢？该研究报告的主要作者承认，她也不知道答案。我们只有弄清了产生偏差的真正原因，才有可能制定出相应的解决方案。

其中一种可能的解释是：NIH的评审体制所造成的偏差并不太针对某个种族群体，而更多针对那些不常见的非常规研究思维。专家评审们需要在很短的时间内，对那些极度复杂、技术性极强的冗长文件进行详细评估。评审们通常对于申请项目的相关特定研究领域很熟悉，但这就意味着他们对于该研究领域难免会有一些先入为主的思想。评审时间紧使他们更加依赖自身原有的知识和感觉。在这种情况下，评审人员就不免会偏向他们所熟悉的（不是认识的，就是听说过的）科学家。

至少在生物医学领域，黑人研究人员通常是不为评审们熟知的，而且他们的研究理念也常常突破传统。这种情况部分是因为他们的特有背景。例如，某些疾病——比如终末期肾脏病（End Stage Renal Disease，简称ESRD）和恶性黑色素瘤——在黑人和白人中的发病率不同。因此，黑人研究者所提出的研究项目，往往涉及一系列白人研究者不常关注的疾病。

数据显示，要跻身于NIH资助的研究者行列越来越困难。1970年，首次从NIH获取重要研究经费的研究人员的平均年龄为35岁，到2007年，这个年龄已经上升至43岁。在较前沿的科研分支领域中，黑人科学家所占的比例也越来越小。金瑟和她的同事发现，在他们研究的时间段里，黑人科学家提交的资助申请仅为申请总数的1.4%，而由白人科学家所提交的资助申请则占了69.9%。

根据美国国家科学基金会所收集的数据，2006年美国拥有博士学位的生物学家中只有2.6%为黑人，而这与金瑟的研究数据基本一致。我有这种感觉，在生物医学研究领域，黑人科学家人数不足的情况，在科研高层（系主任、科研获奖人员、编委会成员、研究部门评审人员和美国国家科学院成员）中表现得更加明显。由于黑人在权力结构中没有占据相应的比例，科研资金在黑人和白人研究者中的分配，自然就不均衡

了。

NIH的负责人已承认，他们对一些非传统研究项目的资助不足，并相应地设立了一些奖项以弥补这一不足，例如NIH院长创新奖和开拓奖计划。不过，这些措施还是远远不够的。对于美国国立卫生研究院来说，解决方案之一可能是建立多种不同的科研经费决策机制。例如，在科研经费的划拨中采取抽签的方式，这样既不会令结果产生种族差异，也不必对评审人员进行严格的筛选，或者通过“众包”（crowdsourcing，把工作任务外包给大众网络）来完成评审工作。采用一些筛选资助申请的新方法，对传统的同行评审加以补充，有可能才是从根本上消除种族差距的唯一途径。（翻译　詹浩）



被选择性拒绝的科学

一位科学老师是怎样看待科学家和创世论学者能否和睦相处这个问题的。

撰文　雅各布·塔伦鲍姆（**Jacob Tanenbaum**）

作为一位科学课教师，我总是很关注人们对我讲授的内容抱有怎样的看法。由于40%以上的美国成年人完全相信《创世纪》中所撰写的内容——地球和宇宙是在大约6,000年前的6天之内形成的——并且由于我最近就住在美国肯塔基州圣彼得堡创世博物馆附近，因此我决定去该馆参观，浏览一下“创世纪的答案”（Answers in Genesis）展部的内容。

该博物馆拥有一个全新的天文馆和6,500平方米的展馆，来证明创世纪的故事和圣经上描述的完全一致。在主展厅，一个大型显示屏播放

出世界刚刚创建时的生活景况，展现的植物和岩石栩栩如生，一个小孩正在那里玩耍，两只恐龙正在附近吃草。据这些展品介绍，恒星的出现要晚于地球，它们产生于地球诞生之后的第4天，并且我们现在所看到的所有动物种类都是诺亚从大洪水中拯救出来的。地球曾经历过唯一的一次冰河时期，它持续了几百年。

在该博物馆中参观时，最让我困惑的是接二连三的展品不断重复的一个主题：创造论者（Creationists）和主流科学家的看法只是略有不同。其实他们的看法并非略有不同，简直就是南辕北辙。这并不是说科学与宗教就是水火不容的，许多科学家都相信存在着某种更强大的力量，而许多宗教人士也认可进化论的观点。不过，创世纪的文献解释却无法与现代科学协调一致。

科学家告诉我们，我们生活在一个浩瀚宇宙中的一个偏远角落处，在人类出现之前这个宇宙已有数十亿年的历史。没有我们存在，宇宙和地球照样能继续正常运行下去。我们只是一个小行星上众多的物种之一，古老化石记录表明，所有在这颗行星上生活过的物种中，有99%以上都已经灭绝了。这一事实说明，我们作为一个物种存在于地球上实在太脆弱了——对于这样一种存在，我们必须全力去加以保护。

相反，创造论者则坚持认为我们是上帝的宠儿。我们生活在宇宙的中心，上帝创造和运转着一个星球是为了供我们使用。地球的资源供我们随意开发利用。上帝保护我们并允诺在世界末日到来之前他不会再次将地球毁灭。在这种情况下，我们没有任何理由去捍卫我们的存在。

创造论者以答案作为起点，并努力去证明那些答案是正确的。这一工作方式与科学研究大相径庭，相互对立。创立人类进化观点的科学家并不是先虚构出了这一观点，再去不断地寻找化石证据。早在达尔文于1859年发表其论著之前，以及早在一个石灰石采石场的工人于1856年发现一些后来被称为尼安德特人的奇怪骨头化石之前，科学家就在努力解释他们在自然界和化石记录中所发现的东西了。进化理论是那些科学分析的产物，这才是科学研究的工作方式。

危险的问题在于：有40%的美国选民看起来似乎都已忘记了什么是科学。美国已将宇航员送到月球上并发明了飞机和互联网，这样的发展非同寻常。可是当许多美国选民面对我们时代的复杂科学问题时，他们却不是全盘接受科学，而是选择性地接受。他们中几乎没有人生活在没有化石燃料和电力供应的环境中。大多数人都乐于乘坐飞机旅行，洗热

水淋浴，给住房供暖，驱车出行，观看电视节目以及给朋友发送短消息。只有在科学与这些人的信仰发生冲突或要求他们改变其生活方式时，他们才将科学拒之门外。

作为一个处于知识型全球经济之中的国家，当美国人选择性地拒绝科学时，这种拒绝便阻碍了美国进一步的发展。当科学发现告诉我们自己的行为会带来一些后果，给未来蒙上一层阴影，并要求我们改变态度时，我们必须积极反思，勇敢面对。为此，我将继续讲授科学课而非宗教信仰。因为如果学生不了解科学研究起着多么重要的作用，那么我们就可能会毁掉我们的未来，甚至威胁到人类自身在这个古老地球上的存在。（翻译　詹浩）



传授批判性思维

批判性思维是一种可传授的技能，它最好在从幼儿园到高三的课堂之外讲授。

撰文　丹尼斯·巴特尔斯（**Dennis M. Bartels**）

民主的有效实施有赖于选民的批判性思维能力。然而，通过考试招生录取学生的正规教育，却越来越无法让学生提出有助于作出明智决策的问题。

十几年前，认知科学家约翰·巴兰斯福德（John D. Baransford）和

丹尼尔·施瓦茨（Daniel L. Schwartz）都在范德堡大学工作，他们发现青年人和儿童的不同之处并非记忆力或学以致用、推陈出新的能力，而是一种被他们称为“为今后继续学习作好准备”的素质。这两位研究人员将一些小学5年级学生分成一个组，将一些大学生分成另一个组，要求他们分别创建一个环境恢复计划，以保护美国秃鹰免于灭绝。令人震惊的是，这两个组所提出的计划水平不相上下，只是大学生的文字能力更好一些。从传统教育的角度来看，这样的结果表明，在帮助学生深入思考生态系统和生物种群灭绝等主要科学思想方面，学校的教育是失败的。

虽然取得了这样的结果，但是这两位研究人员仍决定对这个问题进行更深入的研究。他们要求这两个组就创建环境恢复计划所必须涉及的重要问题进行提问。在这个任务上，他们发现了两者之间的巨大差异。大学生将注意力主要集中在秃鹰与其栖息地之间相互依存的关键问题上，例如“支持秃鹰生存的生态系统为何种类型”以及“不同的环境恢复领域需要哪些类型的专家”。小学5年级学生则倾向于将大部分关注点放在单个秃鹰的特征上，例如“它们有多大”和“它们吃什么”。这些大学生们已经培养起提问的技能，即批判性思维的基础，他们已经学会了如何学习。

比起小学和中学来说，博物馆和其他非正规学习机构可能更适合传授这种技能。最近，在美国旧金山探索博物馆，我们进行了这样一项研究：学会提出高质量的问题对人们的科技咨询质量可能带来怎样的影响。我们发现，当我们教参观者询问“如果这样将会怎样”和“怎么会这样”等目前没人知道答案，并能引发探索兴趣的问题时，他们就会在下一个展览中参与质量更高的咨询——提出更多的问题，进行更多的实验并更好地解释他们的实验结果。特别是，在新的展览上，他们提出的问题变得更加完善。他们不仅仅会问他们想要尝试的某件事（“当你移开一块磁铁时将发生什么情况”），而且在他们提出的问题中往往既包括原因又包括其影响（“如果我们移走这一块磁铁，那么其他磁铁会移动相同的距离吗”）。问一些有趣的问题似乎是一种可传授的技能，这种技能能让他们相互合作，更深入地调查展品的科技含量。

这种类型的学习并不局限于博物馆或类似机构。最好的例子之一是《乔恩·斯图尔特每日秀》，在这档以其名字命名的节目中，主持人斯图尔特巧妙地利用数字、逻辑和旧视频节目将新闻报道中的政治、商业和

科技观点中那些冠冕堂皇的伪装撕得粉碎。展示玩家DIY作品的造物者聚会（Maker Faire）活动已经重新引入了这样一种观点：我们的学习比我们的错误更珍贵。DIY实验者遇到瓶颈时，会重新构建问题并理出头绪。

非正规学习环境比学校更能容忍失败。或许，许多教师由于时间太少而无法让学生去逐渐形成并探寻自己的问题，并且提问技能由于牵涉面太广，所以无法包括在课程之中和进行标准化测试。但是，人们最终必须掌握提问的技能。我们的社会需要公民们能够作出重要决定，比方说有关自己的医疗问题，或者我们必须为全球能源需求做些什么等。为此，我们需要有一个强大的非正规学习系统，该系统没有成绩分数的要求，能接收所有学生，并且在节假日和周末也能学习。（翻译　詹浩）



复活猛犸象是好事

复活猛犸象和其他灭绝生物是一个好主意。

撰文　乔治·丘奇（**George Church**）

《环球科学》2013年第9期上的《核查冰冻猛犸象新闻》一文中曾强调，用幸存的DNA复活诸如猛犸象之类的灭绝物种是一个坏主意。这种缺乏考虑的说法过于草率。复活猛犸象的想法有其可取之处，值得以一种开放的心态和采用多学科的观点加以讨论。

灭绝生物复活研究的目的并非完整无缺地复原灭绝生物，也不是在实验室和动物园中演示一种一次性特技。复活是对古代DNA和合成DNA的一种最佳利用方式。复活的目标在于，让现有生态系统适应全球气候变暖等环境状况的急剧变化，并有可能逆转这种有害变化。

某些依赖于“关键物种”（keystone species）的生态系统已经丧失了它们曾经拥有的物种多样性，因为一些物种不再适应这样的环境。随着环境发生改变，某些生态系统可能再次需要古代的物种多样性。例如，4,000年前，俄罗斯和加拿大的苔原由以草和冰为基础的生态系统构成，比现在更富饶。而现在，苔原正在融化，如果这一过程持续下去，所释放的温室气体会比将全球所有森林夷为平地所释放的温室气体更

多。仅仅改变一头现代大象的几十个基因——赋予它皮下脂肪、皮毛和皮脂腺——就有可能足以产生出一个在功能上类似于猛犸象的物种。让这一关键物种重返苔原，有可能避免气候变暖所带来的某些影响。

通过以下行为，猛犸象有可能让苔原保持较冷状态：吃掉枯死的草，使太阳赋予鲜活的春草以能量，其延伸至土壤深处的草根能防止水土流失；推倒吸收阳光的大树，增加反射光；穿行于有隔离作用的冰雪中，让冰冷的空气穿透土壤，从而将土壤冻结。相比非洲象，偷猎者似乎不太可能将北极猛犸象当成狩猎目标。

“抵抗灭绝活动”（De-extinction）并非一种新奇的想法。医学研究人员已经复原了人类内源性逆转录病毒HERV-K和1918年流感病毒的完整基因组。对这些复活物种的研究和了解，有可能挽救数以百万计的生命。其他几种灭绝动物的基因，包括猛犸象的血红蛋白在内，也已得以修复，并且研究者还对它们的一些奇异特性进行了测试。目前，这种研究只涉及上述少数几个基因，要将其推广到鸟类或哺乳动物基因组的约20,000个基因上可能没有必要，即使有这种需要，进行这样的研究可能也不太难。各种相关技术的成本费用较低，而且正在不断下降。

一直进行动物育种和饲养工作，直到有足够数量的动物可以放生野外，这本身就是一个雄心勃勃的计划，但其花费不应该比家畜育种或保护其他濒危野生动物更高。如果我们使用遗传方法来改善我们复活的物种——增强它们的免疫力与生育能力，并提升它们从可获得的食物中吸收营养与应对环境压力的能力，那么这一成本费用还可以进一步降低。

除了复活灭绝物种之外，复活研究还有助于现有生物恢复失去的遗传多样性。澳大利亚的塔斯马尼亚袋獾（Tasmanian devil，拉丁文名*Sarcophilus harrisii*）属于典型的近亲繁殖动物，以至于这个物种的大多数成员都能交换肿瘤细胞而不发生排异反应。一种可以通过面部伤口传播的罕见传染性癌症，正在使该物种走向灭绝（参见《环球科学》2011年第7期《癌症也会传染？》）。复原来自各种古老袋獾的组织相容性基因（histocompatibility genes，它们管控组织排异反应）就能让现在的袋獾存活下来。人们还对两栖动物、猎豹、珊瑚和其他生物群体进行过类似的讨论。古老的基因可以使它们更能耐受化学物品、炎热、传染病和干旱。

复活灭绝动物并非拯救处于危险之中的生态系统的一剂万能药。防止大象、犀牛和其他濒危物种灭绝也是极其重要的。无论如何，我们必

须更好地分配有限的用于物种保护的资源。但是，将这个问题视作一种“零和”游戏，认为保护一个物种必然意味着放弃另一个物种，却是一种错误。正如一种新型疫苗可以节省本将花费在患者身上的医疗资源一样，复活研究也许能够通过提供一种强大的新工具，来帮助保育工作者。哪怕复活灭绝生物仅仅只是一种可能性，但作为要对它认真加以研究的理由而言，这已足够充分了。（翻译　詹浩）



让气候阴谋论远离课堂

美国的一些学校仍在教授反进化论以及气候变暖与人类活动无关的观点。

撰文　尤金妮亚·斯科特（**Eugenie C. Scott**）
明达·伯布科（**Minda Berbeco**）

几十年来，对进化论的异议一直困扰着美国教师、学校董事会、各

州的教育委员会和立法机关。美国教育工作者为在科学课中保留下进化论内容并排除神创论内容作过斗争。我们抵制智慧设计（intelligent design）这种说法，该说法认为，单用自然选择根本无法解释生命为何会这么复杂。实际上，智慧设计是一条通往神创论的迂回途径。目前，我们正在竭力抵制某些法律条款的出台，这些条款会鼓励教师讲授“反对进化论的证据”——所谓的证据，只能在神创论文献中才能找到。

反进化论的后果在许多美国学校都能看到：这些学校里不讲授进化论，或者就是讲授也讲得很少。然而，进化论是人类智慧发展史中最重要的思想之一，学生有权利学习进化论。生物的共同祖先和遗传机制解释了生物为何成为它们现在这个样子。被剥夺这方面知识的学生和成年人将成为科学文盲，在如今这样一个全球性、充满竞争的世界里，没有进化论的知识显然不行。对进化论知识只是略知一二的学生，仍会可悲地被认为未受到过良好教育。

这些“学术自由”的法案并非仅仅针对进化论。这些法案还瞄上了气候变化，这是另一个有大量证据的科学领域，并且这些证据得到了科学界的认可。地球正在变暖，并且现在气候快速变化的原因是过去的150年中人类大量燃烧化石燃料，这在科学界几乎是无可争议的。但是公众的不信任意味着，美国国家科学教育中心（NCSE）目前还要帮助教师与气候问题上的错误认识作斗争，而成立于20世纪80年代的NCSE本是为了与反进化论者作斗争。

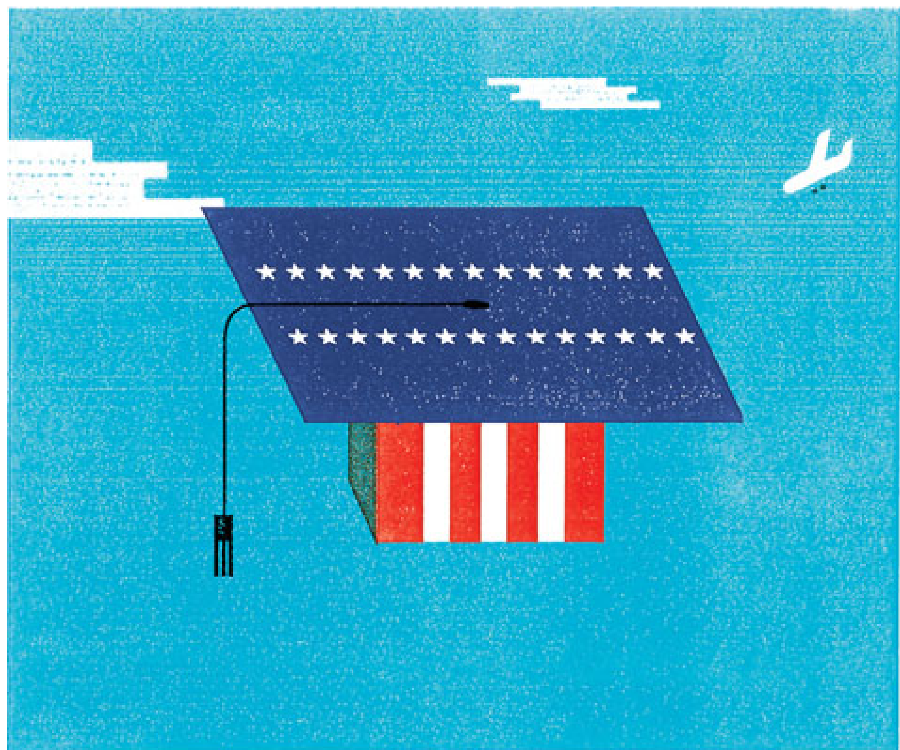
对气候变化提出反对意见的原因更多源自政治和经济上，而非宗教意识形态。一些政治保守派人士声称，全球变暖是美国民主党为了加强美国政府权力的一个阴谋，如果减少对化石燃料的依赖，那么将危及国家安全，并会对美国人的个人自由造成威胁。一些自由主义人士则认为，碳税之类的政策是一种旨在削弱资本主义的“社会主义阴谋”。诚然，有些政治经济观点与应对气候变化的相关政策不相适应，但是我们不应该让一些人的意识形态阻碍或扭曲对大多数人的教育。

最近，一个包括美国国家科学院、26个州和非营利组织在内的联合机构发布了《下一代科学标准》（*Next Generation Science Standards*），该标准将要求，在这些州里，教师既要讲授进化论，也要讲授气候变化。这并不意味着教师都一定要全面地讲授这两个科目，但总的来说，在采用该标准的各州里，学生在学习进化论和气候变化方面，会比目前能学到的东西多一些。

《下一代科学标准》规定的教学内容，远胜于某些所谓的“学术自由法案”，因为后者只允许教师使用在神创论网站上发布过的（其中许多信息认为，地球并没有数十亿年寿命），或者来自气候变化反对者们的信息（将气候变暖归因于无法避免的太阳活动周期，而非温室气体排放量的增加）。在这些“学术自由法案”的约束下，学生们还将“学”到，工业革命前的中世纪就经历过气候变暖期，这可以“证明”并非人为因素造成了全球变暖——尽管那时的变暖仅仅是一个地区性的变暖事件。科学家并不认可上述观点，但这并不能阻止它们出现在一些教案中，而这些教案对人类活动已经影响到地球气候的事实仍持异议。

今天，气候变暖的速度并非区域性的，而是全球性的——它影响着陆地、海洋和天空。科学界一致认为，人类应该对气候变暖负主要责任。无论我们的社会作出何种决策去应对气候变化，这些决策都必须建立在坚实的科学基础之上。如果因为意识形态上与科学结论相左而违背科学，那么我们都将受到损害。学生有权知道科学家得出的结论，让宗教、政治或经济层面的意识形态主导我们的科学教学活动并非正道。

（翻译　詹浩）



美国教育失败？

美国高等教育遭遇“人才流失”。

撰文　哈罗德·莱维（**Harold O. Levy**）

美国曾经在科学和技术领域长期占据的优势现在正渐渐消失，这是个不可逆转的势头吗？过去几十年，因为在科技领域的崇高地位，美国吸引了全世界最聪明有才的学生前来接受高等教育。到今天，美国大学颁发的工程、计算机和物理学博士学位有超过一半颁给了外国公民；而获颁大学理工学位的外国人，也已经占到了总数的三分之一。在某些领域这个比例更高，比如在电气工程专业2001年颁发的博士文凭中，就有65%是外国学生领走的。

这些数字应该引以为戒，而不是激发自豪。因为说来丧气：美国公共教育体系培养的中学毕业生，有太多不能够胜任一般科目的大学教育，热衷于数学和科学的就更少了。数理领域的研究生国籍复杂，其实

掩盖了美国教育彻底失败的事实：2011年的1,777个物理学博士学位中，有743个颁给了持有短期签证的各国留学生——这还没有算上已经取得美国永久居留权的外国人，而在这1,777个博士学位中，只有15个颁给了非洲裔美国人。

外国学生的大量涌入，或许已经到了一个关键时期。以前，经济学家总是哀叹发展中国家遭遇“人才流失”。而现在，许多外国学生在拿到美国文凭之后就返回祖国了，因为在他们看来，祖国的机会已经超过了美国。美国大学的硕士班里，到处都是打算一毕业就回国的留学生。

这方面的最新数据是2009年的，那一年，持有短期签证的留学生在美国拿到了27%的理工科硕士学位，其中有36%是物理学，46%是计算机科学。另有一项2002年的调查显示，这些硕士研究生有近30%并不打算毕业后非要在美国生活。从2007年起，美国的就业市场一片惨淡，上述调查是在那之前开展的，此后的情况更可想而知。截止到本文发稿前，国会仍在为移民法改革相持不下，除非国会能打破僵局，否则留学生留下的比例势必更加走低。

如果留学生真的离开美国，就相当于在无形中带走了我们的一笔对外援助：他们在美国接受的高等教育，其实是由美国纳税人买的单——通过资助研究、经济补助（美国学生和外国学生都可领取）以及形形色色的补贴和奖励，美国人支援了留学生的教育。此外，美国许多州政府也为当地的大学（包括纯私立大学）提供土地、楼房和带补贴的施工贷款，消防和警力保护，以及大量免征的房产税和营业税；有个别州，每年还给大学财政拨款。美国对高等教育的投入，使得一些国家——特别是中国、印度和韩国——受益匪浅。

当然了，就像那些传统、公开的对外援助一样，美国在教育上的慷慨也赢得了回报——在美国接受教育的学生回到发展中国家，会使当地人对美国的商贸和制造业风格更加亲近；而和美国一致的商业规范、人才要求和发展愿景，也会使外国和美国的企业往来更为顺畅。但风险也同时存在：如果目前的趋势继续下去，美国的科学家和工程师——这两类创新和繁荣的主要驱动者——终将被美国培养的国外竞争者赶超，因为他们比美国人更加注重下一代的教育。

如果不想这样，美国就要改进从幼儿园到高中的数学和理科教育。2013年4月，一个由26个州组成的联盟迈出了重要的一步，联合发布了《下一代科学标准》（*Next Generation Science Standards*），那是一份

为大学学习奠定基础的中小学课程纲领，目前已经有至少7个州采纳。但是，这个注重积极探索、鼓励对科学求证的计划，却在一些怀疑科学的角落遭到了抵触。另外，实施这些标准需要花钱，而美国对幼儿园到高中的科学教育向来是吝啬的，这已经成了一个长期的全国性问题。但是现在，除了投入，我们没有别的选择。不这么做，我们就只有坐视美国的顶尖大学，成为美国在无形中援助外国的通道了。（翻译　红猪）

作者介绍

《科学美国人》的专栏作者大多是来自科学界、商界、政界的精英与领袖，他们为我们提供了独特的观点，让我们对人类社会有更深刻的理解与洞察。



戴维·波格

《科学美国人》专栏作家，长期关注IT、电子领域的研究进展与热点事件。同时，他也是《纽约时报》“个人技术”专栏撰稿人，曾作为美国哥伦比亚广播公司的记者获得过艾美奖（Emmy Awards）。



菲利普·卡恩

全能技术（Fullpower Technologies）公司的联合创始人兼首席执行官。该公司是MotionX技术的运营商，耐克和Jawbone公司在他们的产品中使用了这一技术。1997年，卡恩将成像传感器和手机整合到一起，发明了拍照手机。



迈克尔·彭博

美国纽约市市长。



杰弗里·韦斯特

美国圣菲研究所特聘教授和世界经济论坛全球复杂系统项目议程委员会主席。



J·P·兰加斯瓦米

Salesforce.com的首席科学家。英国计算机学会和英国皇家美术学会成员，国际网络科学协会（Web Science Trust）理事。他的博客名为“Confused of Calcutta”。



萨利姆·阿里

澳大利亚昆士兰大学矿业社会责任中心主任、佛蒙特大学环境外交与安

全研究所的创始人和所长。



罗伊·汉密尔顿

任职于宾夕法尼亚大学认知神经科学中心。



吉哈德·扎里伊克

伦敦大学学院神经科学专业研究生，在一个脑刺激实验室从事认知实验研究。



斯科特·博格

美国网络安全研究所负责人，该单位为一家非营利研究机构。



迈克尔·费尔蒂克

Reputation.com的创始人和首席执行官。Reputation.com是世界经济论

坛互联网未来全球议程理事会（World Economic Forum Global Agenda Council on the Future of the Internet）成员单位。



约翰·约安尼季斯

卡路·宏邦疾病预防研究所的医学和卫生研究与政策教授，以及斯坦福大学医学院斯坦福预防研究中心主任。



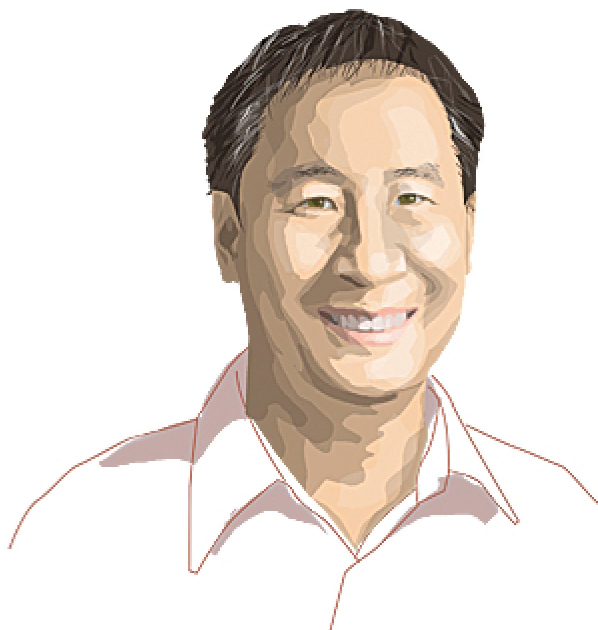
肯尼斯·凯丁

美国塔夫斯药物研发中心主任，同时担任塔夫斯大学医学院的研究教授。



克里斯托弗·米尔恩

美国塔夫斯药物研发中心副主任，同时担任塔夫斯大学医学院的研究助理教授。



爱德华·卢

原美国航空航天局（NASA）宇航员和B612基金会主席，2007年到2010年，曾任谷歌高级项目经理。B612基金会是非营利组织，正致力于研究和制定一些探测和偏转小行星运行轨道的计划。



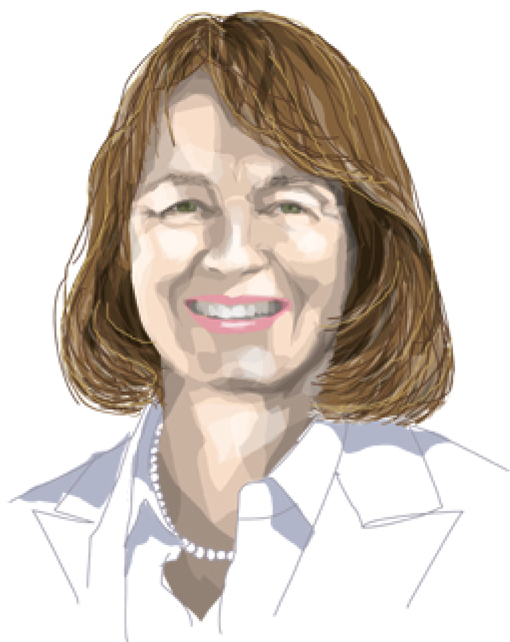
唐纳德·拉姆

美国芝加哥大学天体物理学和天文学系罗伯特·米利肯（Robert A. Millikan）杰出教授，并任该校Flash计算科学中心主任。



斯图亚特·费尔斯坦

美国哥伦比亚大学教授和生物科学系主任，也是《无知：如何推动科学发展》一书的作者，该书由牛津出版社于2012年5月出版。



艾丽斯·加斯特

美国利哈伊大学校长。



弗朗西斯·柯林斯

美国国立卫生研究院院长。



阿图罗·卡萨德沃尔

美国爱因斯坦医学院微生物学及免疫学里奥和朱丽亚·弗克海默教授（Leo and Julia Forchheimer Chair），同时也是美国微生物学会期刊《微生物学》的总编辑。



费里克·范格

华盛顿大学实验医学与微生物学教授，《传染与免疫学》总编辑。



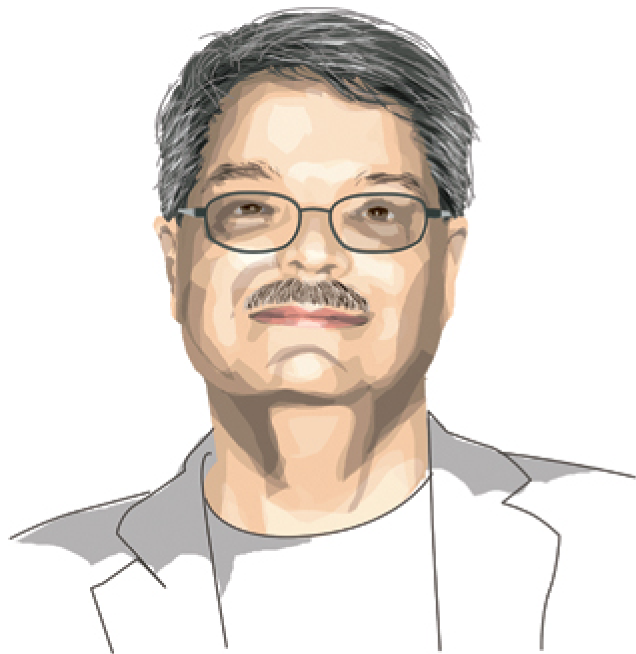
彼得·沃德姆斯

英国剑桥大学海洋物理学教授。



戴维·卡波斯

前美国商务部副部长和美国专利商标局局长。目前是克拉韦斯·斯温尼和穆尔律师事务所合伙人。



唐·林肯

美国费米实验室的资深物理学家，还在瑞士日内瓦附近的大型强子对撞机（LHC）上从事科研工作。2009年科学畅销书籍《量子前沿》（*The Quantum Frontier*）的作者。



戴维·卡普兰

大学医院（UH）凯斯医疗中心的实习医生导师和美国凯斯西储大学的病理学教授。



雅各布·塔伦鲍姆

纽约布劳维尔特卡蒂奇莱恩（Cottage Lane）小学四年级和五年级的科学课教师。



丹尼斯·巴特尔斯

美国旧金山探索博物馆执行理事。



乔治·丘奇

哈佛大学医学院遗传学教授和美国国立卫生研究院基因组科学卓越中心（Centers of Excellence in Genomic Science，CEGS）负责人。



尤金妮亚·斯科特

美国国家科学教育中心执行董事。



明达·伯布科

美国国家科学教育中心项目和政策主管。



哈罗德·莱维

2000 ~ 2002年任纽约市教育局长，现在是投资公司Palm Ventures的常务理事，在公司中主管教育事务。



“十二五”国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列



再稀奇古怪的问题
也有个科学答案

来自全球科学家的智慧解答

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编



短期记忆是怎么变为长期记忆的？
人为什么会长皱纹？
吃完饭就睡觉会让人长胖吗？
萤火虫为什么会发光？
弹弓效应是怎么改变宇宙飞船的飞行轨迹的？
……

外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS



"十二五"国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列



再稀奇古怪的问题也有个科学答案

来自全球科学家的智慧解答

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS
北京 BEIJING

Copyright © Foreign Language Teaching and Research Press 2016

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of Foreign Language Teaching and Research Press.

本书版权由外语教学与研究出版社独家所有。如未获得该社书面同意，书中任何部分之文字及图片，不得用任何方式抄袭、节录、翻印或存储利用于任何数据库及检索系统等。

Published by Foreign Language Teaching and Research Press

No. 19 Xisanhuan Beilu

Beijing, China 100089

http://www.fltrp.com

图书在版编目（CIP）数据

再稀奇古怪的问题也有个科学答案：来自全球科学家的智慧解答 /《环球科学》杂志社，外研社科学出版工作室编．--北京：外语教学与研究出版社，2015.12

（《科学美国人》精选系列）

ISBN 978-7-5135-7003-9

I．①再…　II．①环…②外…　III．①科学知识 - 普及读物　IV．①Z228

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第009676号

出版人　蔡剑峰
责任编辑　蔡　迪
封面设计　锋尚设计
出版发行　外语教学与研究出版社
社　　址　北京市西三环北路19号（100089）
网　　址　http://www.fltrp.com
版　　次　2016年5月第1版
书　　号　ISBN 978-7-5135-7003-9

凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部
举报电话：（010）88817519
电子邮箱：banquan@fltrp.com
法律顾问：立方律师事务所　刘旭东律师
　　　　　中咨律师事务所　殷　斌律师

目　录

contents

前言

出版说明

1　你不了解的身体奥秘

人脑只利用了10%吗

短期记忆是怎么变为长期记忆的

嗅觉神经元仅能存活60天，但为什么我们很久以后仍记得那些气味

食物的外观或气味是怎么影响味觉的

两种美食混合吃时为什么会变得很难吃

听小骨是怎么传递和放大声音的

回放录音时我的声音为什么听起来不一样

像眼睛这样的复杂器官是怎么进化而成的

人的眼睛为什么不长在脑袋后面

有什么最新理论可以解释人类体毛的消失吗

我们的指纹会消失吗

人为什么会长皱纹，怎么延缓或防止皱纹产生

环境温度接近体温时，我们为什么会觉得热

人死后细胞代谢还能维持多久

2　被医学破译的健康密码

乳酸为什么会在肌肉中堆积

减肥减掉的脂肪跑到哪里去了

吃完饭就睡觉会让人长胖吗

我们能用催眠来减肥吗

疲倦时我们的眼睑为什么如此沉重

人为什么会失眠

口吃是怎么形成的，可以治愈吗

人为什么会发烧

人为什么会发痒，挠痒为什么会让人感到舒服

白化病的致病原因是什么，怎么治疗

什么是脂肪肝，怎么防治
阿司匹林有哪些副作用
人们是怎么发现能使瞳孔扩大的化学物质的
抗生素为什么只攻击细菌细胞而不伤害人体细胞
基因疗法怎么治病
输血过程中供体DNA发生了什么变化
什么是“垃圾”DNA，它有什么作用
科学家是怎么追溯延续了几个世纪的线粒体DNA的
3　道不尽的生物万象
室内植物有向光性，那室外树木为什么笔直向上生长
萤火虫为什么会发光
蜜蜂为什么嗡嗡叫
下雨时蝴蝶在干什么
候鸟为什么以人字队形飞行
鹦鹉为什么会学舌
猫为什么有内眼睑，它有什么用
猫薄荷为什么会诱使猫科动物发情
海贝壳和蜗牛壳是怎么形成的
同一种鱼为什么会分布在相隔遥远的不同湖泊之中
鱼是怎么洄游到出生时的那条溪流产卵的
电鳗是怎么生电的，它为什么不遭电击
海洋哺乳动物为什么不会冻死
鲸为什么会搁浅自杀
4　生活处处有玄机
面包为什么会变硬
盐和糖为什么能防止微生物引发的食物腐坏
有机牛奶的存放时间为什么比普通牛奶长
食品辐照的工作原理是什么，它安全吗
烟花中发生了哪些物理和化学变化
冬天为什么要往冰面上撒盐
水温远低于沸点的洗澡水为什么会冒出蒸汽
在管弦乐队响亮的伴奏声中，歌剧演员是怎么让人们清楚地听见自己歌声的

手机在靠近电脑时为什么会发出啸声
麦克风靠近扬声器为什么会“尖叫”
5 探寻天地间的秘密
如果月球质量仅为现在的一半，地球将会怎样
太阳是怎么成为太阳系中心的
什么是暗物质，它对宇宙有什么影响
如果星系正在加速远离，它们为什么还会发生碰撞
宇宙在往哪里膨胀
月球对地球的大气层也有潮汐作用吗
既然地表有太多臭氧，大气中为什么还会出现臭氧空洞
空气是怎么变潮湿的
彩虹为什么不是笔直的，而且看起来能够触及地面
闪电是由宇宙线引起的吗
风是怎么形成的
土地为什么大多呈棕色
地震是怎么停止的
6 洞察高科技时代
我们为什么不通过淡化海水获得更多的饮用水
燃烧释放的二氧化碳重量为什么会超过燃料本身的重量
全球变暖为什么是二氧化碳的错
为了减少二氧化碳对气候的影响，可以将其分解为碳和氧吗
可燃冰为什么大多形成于海底，而且开采难度大
石油为什么多蕴藏在沙漠和极地中
按照现在的消耗率，全球铀储量可供核反应堆做燃料用多久
快中子增殖反应堆与常规核电站有什么不同
太阳能是怎么工作的
蓝牙是怎么工作的
量子力学中的虚粒子真的存在吗
美国国家航空航天局为什么选在气候恶劣的佛罗里达发射航天飞机
国际空间站可以作为人造卫星的维修厂或脱轨航天器的中转站吗
宇宙飞船怎么在没有磁极的太空中确定方向，《星际迷航》中的导航系统有道理吗
弹弓效应是怎么改变宇宙飞船的飞行轨迹的

稀奇古怪的问题来了！

科学家请接招

《科学美国人》精选系列

丛书顾问

陈宗周

丛书主编

刘　芳　　章思英

褚　波　　刘晓楠

丛书编委（按姓氏笔画排序）

丁家琦　　杜建刚　　吴　兰　　何　铭

罗　凯　　韩晶晶　　蔡　迪　　廖红艳

前言

科学奇迹的见证者

陈宗周
《环球科学》杂志社社长

1845年8月28日，一张名为《科学美国人》的科普小报在美国纽约诞生了。创刊之时，创办者鲁弗斯·波特（Rufus M. Porter）就曾豪迈地放言：当其他时政报和大众报被人遗忘时，我们的刊物仍将保持它的优点与价值。

他说对了，当同时或之后创办的大多数美国报刊都消失得无影无踪时，170岁的《科学美国人》依然青春常驻、风采迷人。

如今，《科学美国人》早已由最初的科普小报变成了印刷精美、内容丰富的月刊，成为全球科普杂志的标杆。到目前为止，它的作者，包括了爱因斯坦、玻尔等150余位诺贝尔奖得主——他们中的大多数是在成为《科学美国人》的作者之后，再摘取了那顶桂冠的。它的无数读者，从爱迪生到比尔·盖茨，都在《科学美国人》这里获得知识与灵感。

从创刊到今天的一个多世纪里，《科学美国人》一直是世界前沿科学的记录者，是一个个科学奇迹的见证者。1877年，爱迪生发明了留声机，当他带着那个人类历史上从未有过的机器怪物在纽约宣传时，他的第一站便选择了《科学美国人》编辑部。爱迪生径直走进编辑部，把机器放在一张办公桌上，然后留声机开始说话了："编辑先生们，你们伏案工作很辛苦，爱迪生先生托我向你们问好！"正在工作的编辑们惊讶得目瞪口呆，手中的笔停在空中，久久不能落下。这一幕，被《科学美国人》记录下来。1877年12月，《科学美国人》刊文，详细介绍了爱迪生的这一伟大发明，留声机从此载入史册。

留声机，不过是《科学美国人》见证的无数科学奇迹和科学发现中的一个例子。

可以简要看看《科学美国人》报道的历史：达尔文发表《物种起源》，《科学美国人》马上跟进，进行了深度报道；莱特兄弟在《科学

美国人》编辑的激励下，揭示了他们飞行器的细节，刊物还发表评论并给莱特兄弟颁发银质奖杯，作为对他们飞行距离不断进步的奖励；当“太空时代”开启，《科学美国人》立即浓墨重彩地报道，把人类太空探索的新成果、新思维传播给大众。

今天，科学技术的发展更加迅猛，《科学美国人》的报道因此更加精彩纷呈。新能源汽车、私人航天飞行、光伏发电、干细胞医疗、DNA计算机、家用机器人、“上帝粒子”、量子通信……《科学美国人》始终把读者带领到科学最前沿，一起见证科学奇迹。

《科学美国人》也将追求科学严谨与科学通俗相结合的传统保持至今并与时俱进。于是，在今天的互联网时代，《科学美国人》及其网站当之无愧地成为报道世界前沿科学、普及科学知识的最权威科普媒体。

科学是无国界的，《科学美国人》也很快传向了全世界。今天，包括中文版在内，《科学美国人》在全球用15种语言出版国际版本。

《科学美国人》在中国的故事同样传奇。这本科普杂志与中国结缘，是杨振宁先生牵线，并得到了党和国家领导人的热心支持。1972年7月1日，在周恩来总理于人民大会堂新疆厅举行的宴请中，杨先生向周总理提出了建议：中国要加强科普工作，《科学美国人》这样的优秀科普刊物，值得引进和翻译。由于中国当时正处于“文革”时期，杨先生的建议6年后才得到落实。1978年，在“全国科学大会”召开前夕，《科学美国人》杂志中文版开始试刊。1979年，《科学美国人》中文版正式出版。《科学美国人》引入中国，还得到了时任副总理的邓小平以及时任国家科委主任的方毅（后担任副总理）的支持。一本科普刊物在中国受到如此高度的关注，体现了国家对科普工作的重视，同时，也反映出刊物本身的科学魅力。

如今，《科学美国人》在中国的传奇故事仍在续写。作为《科学美国人》在中国的版权合作方，《环球科学》杂志在新时期下，充分利用互联网时代全新的通信、翻译与编辑手段，让《科学美国人》的中文内容更贴近今天读者的需求，更广泛地接触到普通大众，迅速成为了中国影响力最大的科普期刊之一。

《科学美国人》的特色与风格十分鲜明。它刊出的文章，大多由工作在科学最前沿的科学家撰写，他们在写作过程中会与具有科学敏感性和科普传播经验的科学编辑进行反复讨论。科学家与科学编辑之间充分交流，有时还有科学作家与科学记者加入写作团队，这样的科普创作过

程，保证了文章能够真实、准确地报道科学前沿，同时也让读者大众阅读时兴趣盎然，激发起他们对科学的关注与热爱。这种追求科学前沿性、严谨性与科学通俗性、普及性相结合的办刊特色，使《科学美国人》在科学家和大众中都赢得了巨大声誉。

《科学美国人》的风格也很引人注目。以英文版语言风格为例，所刊文章语言规范、严谨，但又生动、活泼，甚至不乏幽默，并且反映了当代英语的发展与变化。由于《科学美国人》反映了最新的科学知识，又反映了规范、新鲜的英语，因而它的内容常常被美国针对外国留学生的英语水平考试选作试题，近年有时也出现在中国全国性的英语考试试题中。

《环球科学》创刊后，很注意保持《科学美国人》的特色与风格，并根据中国读者的需求有所创新，同样受到了广泛欢迎，有些内容还被选入国家考试的试题。

为了让更多中国读者了解世界科学的最新进展与成就、开阔科学视野、提升科学素养与创新能力，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社展开合作，编辑出版能反映科学前沿动态和最新科学思维、科学方法与科学理念的“《科学美国人》精选系列”丛书，包括“科学最前沿”（已上市）、“专栏作家文集”（已上市）、《不可思议的科技史》、《再稀奇古怪的问题也有个科学答案》、《生机无限：医学2.0》、《快乐从何而来》、《2036，气候或将灾变》和《改变世界的20个非凡发现》等。

丛书内容精选自近几年《环球科学》刊载的文章，按主题划分，结集出版。这些主题汇总起来，构成了今天世界科学的全貌。

丛书的特色与风格也正如《环球科学》和《科学美国人》一样，中国读者不仅能从中了解科学前沿和最新的科学理念，还能受到科学大师的思想启迪与精神感染，并了解世界最顶尖的科学记者与撰稿人如何报道科学进展与事件。

在我们努力建设创新型国家的今天，编辑出版“《科学美国人》精选系列”丛书，无疑具有很重要的意义。展望未来，我们希望，在《环球科学》以及这些丛书的读者中，能出现像爱因斯坦那样的科学家、爱迪生那样的发明家、比尔·盖茨那样的科技企业家。我们相信，我们的读者会创造出无数的科学奇迹。

未来中国，一切皆有可能。

陈学凤

出版说明

《再稀奇古怪的问题也有个科学答案》精选《环球科学》（《科学美国人》中文版）中“专家问答”栏目的内容，汇集84个读者提出的有趣问题及相关领域科学家的解答，分为6大主题呈现给读者。这些问题囊括的范围很广，从人体奥秘到疾病治疗，从可爱的动物到神奇的大自然，从身边的科学到高新科技……提问者都是普通大众，问题贴近我们的生活。

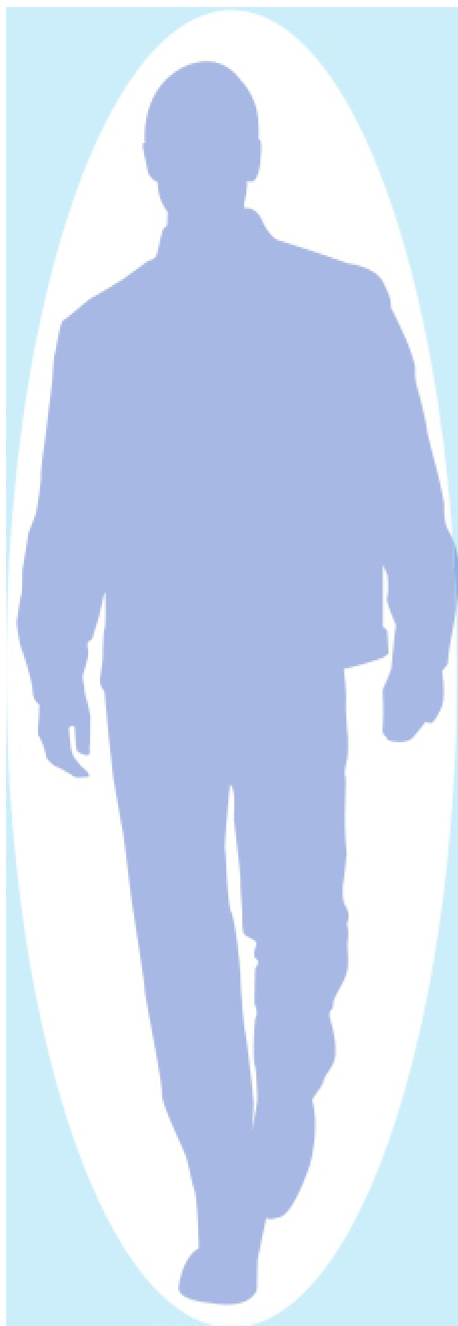
《科学美国人》从创刊至今170年的时间里，始终秉承科学严谨性与语言通俗性相结合的理念，将精彩纷呈的科学发现带给广大读者。“专家问答”栏目就是在这一理念中诞生的。它就像一座连接普通大众和一线科学家的桥梁，源源不断地将科学的养料传递给广大读者，满足读者无尽的好奇心。在今天这个信息爆炸的时代，如何不被谣言所迷惑，从纷杂的解答中找到事实真相？提问相关领域的科学家或许是最直接的方式。“专家问答”中的科学家解答，严谨而易懂，为读者带来一股真知的清泉，帮读者洗去心中的疑惑，带领读者跟随科学家的脚步去探索、去发现。

随着互联网时代的到来，《科学美国人》拓展了科学传播的载体。目前它的网站已经成为报道世界科技前沿进展、普及科学知识的科普媒体。“专家问答”栏目也从杂志搬上了《科学美国人》网站，为读者和科学家搭建更加便捷的沟通平台。同时，其中文版《环球科学》与我社合作，将“专家问答”栏目中稀奇古怪的问题汇集成册，以图书的形式呈现给广大读者。《再稀奇古怪的问题也有个科学答案》如同一座知识宝库，相信它将带领读者通过一个个有意思的问题轻松走近科学，在愉快的阅读中点亮智慧生活。

外语教学与研究出版社

科学出版工作室

1　你不了解的身体奥秘



◎人脑只利用了10%吗

◎短期记忆是怎么变为长期记忆的

◎回放录音时我的声音为什么听起来不一样

◎人为什么会长皱纹，怎么延缓或防止皱纹产生

……

人脑只利用了10%吗？

解答专家

巴里·拜尔斯坦（Barry L. Beyerstein）
加拿大西蒙·弗雷泽大学脑行为实验室心理学家

神经科学家发现了一个令人失望的消息：人脑并没有什么广阔的、未利用的区域可供开发了。此外，加拿大国家研究理事会的一个专家组研究了那些有助于自我提升的产品，结果发现，对于人们一生的成功而言，不存在任何可信的“人脑激发器”能够代替反复练习和努力工作。

有一种说法是一般人脑有90%终身不用。对此，神经科学家为什么会产生怀疑？首先，人脑和其他任何器官一样都是自然选择的结果。从新陈代谢的角度看，人脑组织的发育和运转都要付出昂贵的代价。因而，进化居然会浪费如此多的资源，去构建和维护一个利用率如此之低的器官，这种想法实在令人难以置信。



此外，充分的临床神经病学证据也加深了这种怀疑。事故或疾病所造成的远少于90%的人脑区域损失，会产生灾难性的后果。无论卒中或其他创伤损坏了人脑的哪个区域，患者几乎都会出现某种功能性损伤。同样，在进行神经外科手术时，用电流刺激人脑位点也没有发现任何处于休眠状态的人脑区域——在休眠区域，微弱的电流不会引起任何知觉、情感或动作。（其实医生可以通过对神志清醒的患者进行局部麻醉来完成上述实验，因为人脑本身没有任何疼痛感受器。）

研究人员借助脑电图、脑磁图、正电子发射断层扫描仪，以及功能性磁共振成像仪等手段，成功地将大量心理功能与人脑特定中心和系统相互对应。利用动物进行实验时，研究人员甚至可以把记录探针插入动物脑内。接受神经治疗的患者偶尔也被当作这种实验的对象。尽管研究人员探测得如此细微，但他们还是没有找到任何处于休眠状态的人脑区

域。

毫无疑问，人脑只利用了10%这个传言，一直激励着无数人终其一生为追求更强大的创造力和更高的工作效率而努力奋斗，这当然不是什么坏事。它带给人们慰藉、鼓励和希望，这也解释了这种传言为何会长期存在。但是，与众多令人振奋的传言一样，事实真相似乎是最无关紧要的。

◎　译者：田代贵

短期记忆是怎么变为长期记忆的？

解答专家

艾利森·普雷斯顿（Alison Preston）
美国得克萨斯大学奥斯汀校区学习与记忆中心教授

短期记忆转化为长期记忆，需要靠人脑内部发生的一些改变，来保护记忆免受竞争性刺激的干扰或伤病的破坏。这种依赖于时间的过程叫做巩固，在此过程中，各种经历会被永久性地记录在我们的记忆中。

细胞与分子水平的记忆巩固，一般发生在学习过程的最初几分钟或几个小时内，会导致一些神经元或多组神经元发生改变。随后，系统水平的巩固将会发生，这一过程包含对个体记忆处理进行操控的脑网络重组，持续时间更为漫长，可达几天乃至几年。

陈述性记忆（对一般事实和特殊事件的回忆）的巩固，依赖于人脑中的海马和其他一些内侧颞叶结构。



在细胞水平上，记忆表现为神经元结构和功能方面的改变。例如，一些新的突触（神经元之间的连接纽带，神经元通过它们进行信息交换）可能会形成，以便新的神经元网络进行沟通联系。或者，现有突触也会得到强化，以加强神经元间的交流。

突触的改变要想得到巩固，人脑中的海马就需要合成一些新的核糖核酸（RNA）和蛋白质，以便将突触传递中的暂时性改变转化为突触结构的永久性改变。

随着时间的推移，支配一切的人脑系统也会发生改变。首先，海马与分布在新皮质（人脑的最外层）中的感觉加工区协同工作，形成新的记忆。在新皮质范围内，构成某一生活事件的各个方面的表征，根据其内容分布在多个人脑区域。例如，视觉信息由人脑后部枕叶中的初级视

觉皮层加工处理，而听觉信息则由人脑两侧颞叶中的初级听觉皮层加工处理。

一旦某种记忆形成，海马会迅速将这些分散的信息组合成一种单一记忆，从而对感觉加工区的各个表征起着索引作用。随着时间的推移，细胞和分子水平的改变强化了这些新皮层区之间的直接联系，记忆也就不再依赖于海马。因此，当海马因损伤或神经退行性疾病（如阿尔茨海默病）而不能形成新的陈述性记忆时，也不会对已巩固的事实和事件产生损害。

◎ 译者：詹浩

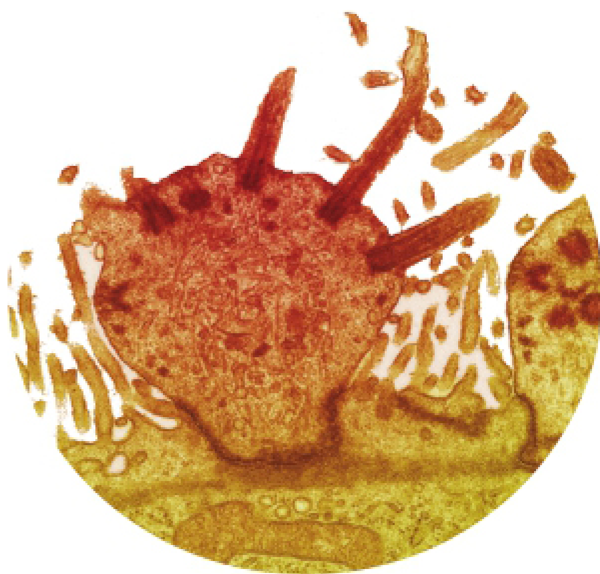
嗅觉神经元仅能存活60天，但为什么我们很久以后仍记得那些气味？

解答专家

唐纳德·威尔逊（Donald A.Wilson）
美国俄克拉何马大学动物学教授，《学会闻味》（*Learning to smell*，美国约翰斯·霍普金斯大学出版社，2006）一书的合著者

当我们闻到某种气味时，气味分子会与嗅觉神经元相互作用。一段时间之后，这些神经元中至少有一部分已经被替换，但我们仍能识别出该气味。这是因为嗅觉系统中的整体活动模式一直保持着相对稳定的状态。

嗅觉神经元位于鼻后黏液中，并通过轴突（从细胞体向外传递信息的指状突起物）将数据传递给大脑。科学家发现了越来越多的神经元，它们会在人的整个生命周期中不断死亡，被新的神经元取代，嗅觉神经元就是其中一种。幸运的是，这些神经元并非同时死亡，而且对给定气味做出反应的嗅觉神经元的数量相当多。



1991年，琳达·巴克（Linda B. Buck）和理查德·阿克塞尔（Richard Axel）通过研究证明，编码嗅觉受体蛋白的基因是个庞大的家族。他们也因此获得2004年诺贝尔生理学或医学奖。他们诸多重要研究结果中的一项就是，单个嗅觉神经元通常只能表达这些基因中的一种。也就是说，气味分子会刺激特定神经元所表达的受体蛋白，使神经元发出信号，提供与该气味有关的信息。事实上，当一个表达某特定受体基因的嗅觉神经元死亡，而表达该基因的另一个新神经元发育成熟时，这个新神经元的轴突便接过前辈的班，与同一组嗅球神经元相连接。因此，尽管存在着连续不断的重新连接，这种现象使得整个活动模式长期保持稳定。

然而，一个单独的受体蛋白似乎能绑定（或识别）许多种不同的气味。因此，绝大多数单个细胞（通过它们的受体）都能同时感知咖啡、香草冰淇淋或波尔多葡萄酒中挥发性化学物质的亚分子特性，而不仅仅是上述物质中的某一种。例如，一个嗅觉受体神经元可以感知某一特定长度的烃链，或者如乙醇或乙醛之类的某种特定官能团。

因此，任何一种指定的感觉神经元都能够识别多种有共性的不同气味。然后，人脑（确切地说是人脑的嗅球和嗅皮层）将检查任意时段被激活的感觉神经元组合，并解析它们的模式，形成我们所能理解的气味。一种气味模式是由很多输入成分构成的，因此缺少少量成分并不会明显改变这种模式，也不会改变大脑的感知结果。

◎　译者：詹浩



食物的外观或气味是怎么影响味觉的？

解答专家

达娜·斯莫尔（Dana M. Small）
美国约翰·皮尔斯实验室和耶鲁大学医学院神经科学家

人脑所感知的食物风味，实际上是融合了食物口味、触感和气味的总体感觉——其中每一种感觉都会影响食物的风味，都是风味不可或缺的一部分。虽然从严格意义上说，视觉并不属于这个综合感觉，但它也会以自己的方式影响人脑对食物的感觉。

我们所感知的食物或饮料的风味，部分取决于它激活了味蕾的哪种味觉：甜、酸、咸、苦、鲜或油腻（这一点尚存争议）。并排在味蕾旁边的感觉细胞，让我们能感知诸如温度、香馥、润滑之类的口感特质。嘴似乎也能感觉食物的气味，尽管嘴里并没有负责分辨气味的细胞。这种情况下，感觉是通过鼻通道末端细胞的激活而产生的。这些细胞收集到的信息通过一种称作嗅觉转介（olfactory referral）的过程传递给嘴。



通过嘴的后部获得与气味有关的信息，被称为鼻后嗅觉；通过鼻孔收集与气味相关的信息，则称为鼻前嗅觉。这两种方式都对食物的风味产生影响，例如香草这类芳香就能使闻着很香的东西吃起来更香。

你自己也能验证嗅觉转介这一现象：试着捏住鼻子咀嚼一块草莓味软心豆粒糖。你能分辨出甜味和一点点酸味，也能感觉到这块糖的软硬（先硬后软），但是却无法分辨出草莓的风味。可是当你松开鼻子时，承载气味的分子便能通过鼻腔到达嗅觉细胞，草莓味软心豆粒糖的风味一下子全都展现出来了。

虽然与嗅觉相比，视觉在感知食物风味方面所起的作用没有那么直接，但人们最喜欢通过它来鉴别食物，因此它会影响人们对食物品质的期望值。在一个典型实验中，法国科研人员用一种没有气味的染料给白葡萄酒染上红色，然后请一些品酒师来品酒。这些品酒师使用了一些典型的用来评价红葡萄酒的词语来描述这种染色葡萄酒，而没有使用本该用于评定白葡萄酒的词语。这个实验表明，饮料的外观在人们感知其风

味的过程中起着重要作用。

◎　译者：詹浩

两种美食混合吃时为什么会变得很难吃？

解答专家

蒂姆·雅各布（Tim Jacob）
英国威尔士加的夫大学生物科学教授、嗅觉与味觉研究专家

在五种味道中，咸味、甜味和鲜味（例如肉味或香味）能增进食欲，促使我们摄入必需的营养，而苦味和酸味则令人厌恶，提醒我们注意避免食用一些可能对人体有害的物质。将这两种性质不同的味道混合在一起，会向大脑传送相互矛盾的信息，而这种信息正是人类感觉器官要努力避免的，因为味道会给人们提供有用的能救命的信息。这种混合的味道信号正是你拒绝吃腐败变质食品的原因。一种混合了好味道与坏味道的食品是你不愿意食用的。



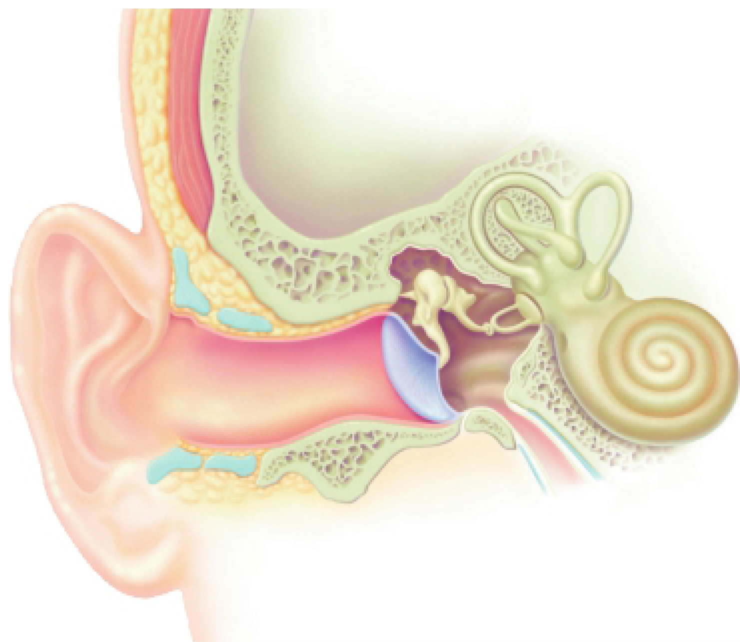
不过，让我们想一想糖衣药片吧。药是用来治病的，因此大部分药都有毒。它们本质上是苦的，但是裹上糖衣后就变得比较能让人接受了。与此类似，可以用奶油或糖减轻咖啡的苦味，以便那些讨厌苦味的人也能接受。



作为成年人，我们可以无视这些警告信息而去习惯咖啡、橄榄或浓味奶酪的味道。但是如果将一种原本令人厌恶的味道与一种美味混合在一起，你的感觉就会被搞乱。（譬如将泡菜水与可口可乐混在一起喝会是什么味道？）但这种混合也可能会带来美味和快乐：酸甜混合在中餐里就很受欢迎。

◎　译者：詹浩

听小骨是怎么传递和放大声音的？



解答专家

道格拉斯·维特尔（Douglas E. Vetter）
美国塔夫茨大学萨克勒生物医学研究院神经科学助理教授

中耳的锤骨、砧骨和镫骨总称为听小骨。它们排列成一个听骨链杠杆系统。从较大的耳膜到小得多的镫骨，都能产生振动能量。这些振动能量与听骨链杠杆系统的杠杆能力相结合，能有效完成力的传送，让我们听到声音。

这些中耳听小骨位于耳膜与耳蜗之间。耳蜗是一种螺旋状导管，它的毛细胞能将声音传送到内耳。内耳中充满了液体，因而我们的听觉系统必须将声音引起的空气振动传送给内耳中的液体。如果没有这些听小骨，那么只有约0.1%的声音能量能够到达内耳——其余的声音能量则被反射到耳朵外面，这就像在水下听陆地上的声音。

当声音引起耳膜振动，耳膜也使中耳的听小骨运动起来。锤骨的一

端与耳膜相连，另一端则与砧骨相连形成一个“铰链”。砧骨的另一端又与镫骨结合在一起。镫骨的踏板——一块形似马镫的搁脚板的平坦部分——与耳蜗上一个叫做卵圆窗的孔松散连接，且能像活塞那样往复运动。这种运动将放大的振动传递给充满液体的内耳，从而将声音信号发送给人脑。

◎　译者：詹浩

回放录音时我的声音为什么听起来不一样？

解答专家

蒂莫西·赫勒（Timothy E. Hullar）
美国圣路易斯华盛顿大学医学院耳科专家兼助理教授



声音能够通过两种不同的途径到达内耳，这两种途径都会影响我们对声音的感知。由空气传导的声音从周围环境中通过外耳道、鼓膜和中耳，传送到耳蜗（内耳中充满流体的螺旋形结构物）。由骨骼传导的声音则通过头部组织直接到达耳蜗。

当我们讲话时，声能会在我们周围的空气中传播，由空气传导途径通过我们的外耳到达耳蜗。声音还能从声带和其他结构直接传送到耳蜗，但是头部的力学特性会增强声音中更低沉的、频率更低的振动。在讲话的时候，我们听到的自己的声音，是沿着这两种途径传送声音的混合物。而听自己讲话的录音时，由骨骼传导途径传送的声音，也就是我

们所认为是自己“正常”声音的一部分，被过滤掉了。因此我们只能听到由空气传导的、让我们感到陌生的那部分声音。如果我们塞住耳朵的话，就能得到与此相反的体验——我们只能听到由骨骼传导的那部分声音。

一些人的内耳有些异常，这大大增强了他们对骨骼传导的这部分声音的敏感度，以至于他们连自己的呼吸声也听得一清二楚，甚至可以听到自己的眼球在眼窝里转动的声音。

◎ 译者：詹浩

像眼睛这样的复杂器官是怎么进化而成的？

解答专家

乔恩·西格（Jon Seger）
美国犹他大学生物学教授

作为一种复杂且有用的器官，眼睛不太可能由随机的遗传事件而自发形成，但是它却能通过突变与选择之间不断的相互作用，顺利地进化出来。这种相互作用也驱动了其他一些适应性进化。

在某一种群内，当某个突变第一次发生时，每个个体都发生这种突变的可能性极小；在整个物种的基因库中，这样的突变往往只有一例。但作为一个整体，该物种的每一代都可能发生大量的突变。其中一些突变是极其有害的，携带这些突变的个体在尚未出生之前便被淘汰掉了。但绝大多数突变是无害的，至少是可以容忍的，其中极少数突变还是有益的。这些幸存下来的突变将在种群中保留下来，成为发生突变的这种基因中极其罕见的备选基因。



大多数突变就是因为自身罕见而最终消失；然而，某些突变对生存和繁殖所起到的一些极小的作用，却可能对不同突变在个别基因或一些基因的个别位点上的长期积累率产生重大影响。在这种影响下，进化的变化模式似乎不是随机的——事实上，这种变化确实不是随机的：一些位点几乎从未发生变化，一些位点偶尔发生变化，而其余位点的变化则相对频繁。

尽管如此，上述情况并不意味着突变的发生本身不具有随机性。事后看来，突变似乎总是发生在需要发生的地方。但是这种现象有可能是假象，而且选择本身就是一位伟大的魔术师。实际上，突变仅在需要突变的地方积累——首先在某个个体身上出现，接着在另一个体身上出现，再接着在其他个体身上出现，历经一代又一代。虽然在同一个基因组获得两个或多个“协同工作”的新突变可能要花费一些时间，但是，只要它们未在种群中消失，最终就会在某一有性繁殖物种中找到匹配的“搭档”。

依靠视觉确定自己方位的脊椎动物（比如人类）拥有构造极其复杂的眼睛，但是即使是在脊椎动物中，不同物种的眼睛在许多方面也存在着极大差异。而将视角放大到整个动物界，就会发现若干种在结构上存在根本性差异的眼睛。这种差异通过鲜活的例子展示了，一些简单的不能聚焦的感光器官如何逐渐进化和改善，变成了今天我们所知道的各种复杂而又精致的成像视觉器官——眼睛。

对于一个生物体来说，如果需要了解周围迅速变化的环境信息，有一种简单原始的感光器官可能比完全没有要好得多。假设存在这样一种原始的眼睛，那么对于它可能会发生上千种不同的突变，以不同的方式稍稍改善了它的功能。如果一种突变出现了，并且十分幸运地没有立即消失，而是在自然选择的力量下频繁出现，那么它就为其他一些突变的发生创造了条件。假如有充足的时间和持续的选择，眼睛的功能将会轻而易举地得到改善，在这个过程中眼睛往往会变得更加复杂。

◎译者：詹浩

人的眼睛为什么不长在脑袋后面？

解答专家

杰伊·奥利尚斯基（S. Jay Olshansky）
美国伊利诺伊大学芝加哥分校生态统计学家

想要发现从后面逼近自己的偷袭者，或照看跟在自己后面的孩子，眼睛长在脑袋后面似乎会更有优势，但问题在于，自然选择并不会直接按照事物理想的发展方式或形成方式进行，更不用说产生这么“完美的”器官了。换言之，不能仅仅因为某种特征看起来很不错，随机的突变和选择就一定会将它变为现实。



人体的各个器官使我们能感知光线、声音、气味、味道、温度和我们周围环境中所能触碰到的东西。它们并非源于某个总体规划或蓝图，而是自然选择利用已有生命形式可供使用的细胞和组织部件，以从古到今的各种感觉细胞和器官为模型（每一种细胞和器官就其自身能力而言都是出类拔萃的），经过漫长的进化，就像把一块块黏土叠起来一样，将它们精心打造成了现在人体的形状和构造形式。从来就不存在得以完美塑造的视觉或听觉器官，它们只是能做好自己的本职工作而已。

几乎可以肯定，第一个感光细胞是在最早的多细胞生物中通过随机突变而产生的。这种感光细胞为那些拥有这类细胞的个体赋予了一种选

择优势，尽管优势很小。这种优势的最佳证据是，视觉敏锐度方面的一些变异，在各种不同的无脊椎动物中发生过数十次，相互间没有关联。据我们所知，眼睛至少出现过9种变异，其中就包括我们非常熟悉的晶状体形式的眼睛。

尽管在早期生命形式的不同器官上可能都出现过感光细胞，但选择似乎更偏爱能使生物感知前方而非后方光线的器官。向前运动可能促成了感光细胞处于现在位置。除此之外，因为头部能够左右90度转动，再加上周边视角，所以我们不用转过身体就能看到背后的东西。不过看起来，父母和老师似乎已经拥有了这种后视能力——至少对于他们的孩子和学生来说确实如此。

◎译者：詹浩

有什么最新理论可以解释人类体毛的消失吗？

解答专家

马克·帕格尔（Mark Pagel）
英国雷丁大学进化生物学研究室主任

黑猩猩是现存最接近人类的动物，和我们拥有共同的祖先。然而，在人类600万年的进化过程中，我们的体毛变得越来越少。对于这一现象，科学家主要给出了三种不同的理论解释，而这三种解释都围绕一个观点，即没有了体毛，可能更有利于人类进化。

第一种理论为“水猿”假说。该假说认为，600万年～800万年前，我们的类人猿祖先过着一种半水生生活，他们在浅水中寻找食物。然而在水中，体毛并不能有效保持体温。该理论由此认定，像其他水生动物一样，人类逐渐演化，产生了相对较厚的身体脂肪，取代了体毛。尽管这种解释富有想象力，并且有助于为我们肥胖的腰身辩解，然而没有确切的古生物证据可以证明人类曾以水生方式生活。



第二种理论则认为，在炎热的草原地区生活的人类祖先为了更好地调节自身体温，放弃了体毛。我们的类人猿祖先大部分时间都在凉爽的森林里度过，而长有体毛的他们在太阳下直立行走会感到酷热难耐。这种说法听起来似乎合情合理，但也存在漏洞：虽然没有了体毛会使类人猿祖先在白天保持凉爽，但到了晚上，在必须保持体温时，没有体毛就难以保温了。

最近，我和我的同事，英国牛津大学的沃尔特·博德默（Walter Bodmer）提出，人类的原始祖先之所以放弃体毛，是为了减少体表的寄生虫，这是自然选择的结果。满身的长毛，为蜱、虱和刺螫蝇之类的体表寄生虫提供了一个安全的庇护所。这些寄生虫不仅使人烦躁、恼怒、

坐立不安，还会传染各种各样的疾病，其中一些还可能是致命的。因此，能够生火、建造房屋和制作衣物的人类可以放弃体毛，借此远离大多数寄生虫，且不会受冻着凉。

◎译者：詹浩



我们的指纹会消失吗？

解答专家

凯瑟琳·哈蒙（Katherine Harmon）
美国科学作家

指纹确实能被去除，无论是有意地还是无意地。2009年5月《肿瘤学年鉴》（Annals of Oncology）的网站报道了一个无意中丧失指纹的奇特案例：一位62岁的新加坡男性公民（S先生）在去美国旅行时被扣留下来，因为常规指纹扫描显示他根本没有指纹。

这位S先生之前一直在服用化疗药物卡培他滨（抗肿瘤药，商品名为希罗达），以抑制头颈部恶性肿瘤的扩散。这种药物治疗使他患上了一种轻微的手足综合征（也称为化疗诱导肢端红斑）。这种病会引起手掌和脚掌肿胀、疼痛和脱皮，显然也会导致指纹消失。在工作人员确定他不是危险分子后，S先生被放行。据S先生自己说，在出发旅行之前，他从未注意过自己的指纹已经消失。这次事件之后，撰文报道此事的人，也就是S先生的医生发现，在网上还有一些非正式的报道称，其他化疗患者也反映自己出现了指纹消失的情况。



美国路易斯安那州立大学法律、科学和公共卫生计划主任爱德华·理查兹（Edward P. Richards）指出，皮疹之类的疾病也可能引发同样的情况。他说：“毒漆（北美一种植物，触摸后会引起皮肤疼痛，也被称为毒常春藤）使人失去指纹就是一个很好的实例。”但他指出：“不管情况如何，皮肤更新的速度相当快。所以除非你对指纹组织造成永久性伤害，否则指纹仍将再生。”

全球全面咨询公司总裁凯西·沃特海姆（Kasey Wertheim）一直在为美国国防部和洛克希德-马丁公司提供法医和生物统计服务。他说，最容易失去指纹的人似乎是砌砖工、泥瓦工，他们经常用手取放粗糙笨重的物品，这样会磨掉他们的指纹纹路；还有一些与石灰（氧化钙）打交道的人也会失去指纹，因为石灰为碱性物质，会腐蚀皮肤。秘书的指纹也可能消失，对此，他补充说：“因为他们成天与纸打交道，长期拿纸往往会磨掉指纹的细部特征。”

“此外，”沃特海姆指出，“皮肤的弹性也会随着年龄增长而降低，因此许多老年人的指纹很难提取。他们的指纹纹路变得越来越粗厚，指纹凸起（纹脊）顶部与指纹凹槽（沟槽）底部之间的高度差变得越来越小，这使得指纹凸起不再那么明显。”热烧伤和化学烧伤也能抹去指纹，但由此产生的疤痕会成为独一无二的标记。

沃特海姆说，许多故意弄掉指纹的案例已被记录在案。在这类案例中，人们通常会破坏掉形成指纹“模板”的那层皮肤和上方的表皮。

他指出，有记载的首个故意弄掉指纹的案例发生在1934年，弄掉指纹的人是“帅哥杰克”西奥多·克吕塔斯（Theodore“Handsome Jack”Klutas），此人是一个名为“学院绑架者”的团伙组织的头目。沃特海姆介绍说：“当警察最后追上并逮捕他时，克吕塔斯拔枪拒捕，警察开枪还击，将他击毙。他死后警察比对他的指纹时发现，他的所有指纹都被小刀割毁过，每个指纹周围都留下了一些半圆形疤痕。虽然他备受媒体吹捧，但是他损毁指纹的手法实在太业余了：残留的指纹细部特征足以证明他就是克吕塔斯。”

◎译者：詹浩

人为什么会长皱纹，怎么延缓或防止皱纹产生？

解答专家

苏珊·奥巴吉（Suzan Obagi）
美国匹兹堡大学皮肤病学助理教授、美容外科与皮肤健康中心主任

随着年龄增长，人的身体会自然而然地出现一些变化，譬如皱纹的出现。而像日晒和抽烟这样的外界影响，则会使皱纹增多并变得更加明显。

胶原蛋白是一种蛋白纤维，令皮肤紧致；弹性蛋白使皮肤富有弹性，并能提供皮肤保持水润所必需的糖胺聚糖。随着年龄增长，胶原蛋白逐渐从身体流失，皮肤变得薄而脆弱；与此同时，弹性蛋白也逐渐减少，皮肤变干，出现无法消除的皱纹。然而，皮肤的这些变化发生得很缓慢，并且它们只是导致皱纹出现的一小部分原因。

日晒、抽烟和污染会对皮肤产生影响，加快皱纹的产生。这些影响会使局部皮肤变厚，从而最终导致皮肤损伤、皮肤癌、雀斑和晒斑的产生。这些影响还会使正常的皮肤弹性和紧致度缺失加剧，使皮肤变得粗糙不平并产生皱纹。由这些因素产生的皱纹，比机体变老本身产生的皱纹还要深。

为了保持皮肤光滑，减缓皱纹的出现，就得小心呵护皮肤。每天应使用防晒系数（SPF）在35以上的防晒霜，其中最好含有锌或钛的成分。25岁以后，人们应使用维A酸——一种维生素A衍生物——作为抗衰老乳霜。这种药方人们已经使用了30多年，效果显著。虽然在刚开始使用时可能会出现脱皮现象，但维A酸最终将逐渐减少细纹，缩小毛孔，并淡化褐斑。如果维A酸治疗效果不够充分，还可以利用去皮术和激光治疗，促进胶原蛋白合成，改善皮肤状况。因为皮肤的正常脱落，会促使人体产生更多的胶原蛋白，而激光治疗能穿透皮肤进入略深位置，可以促进皮肤的这一反应。

◎译者：田代贵


RETIN-A
AND
YOU
SPF 50

环境温度接近体温时，我们为什么会觉得热？

解答专家

杰弗里·沃克（Jeffery W. Walker）
美国亚利桑那大学生理学教授

人体就像一台持续不断产生大量热量的引擎。因此可以这样说，在较热的环境中这台引擎的散热效率最低。

热量是人体组织在工作时会不可避免产生的副产物。心脏、隔膜和四肢的肌肉收缩，维持神经电特性的离子泵，以及分解食物和合成一些新组织的生物化学反应，都在使人体不断地产生热量。就像活动中的火山会不断涌出岩浆一样，活跃的内部器官也极其需要机体向外界发散热量。靠近皮肤表面的血液循环、湿润热气的呼出以及汗液蒸发都可以帮助机体散热。



当周围温度处于21℃左右时，这些散热方式效果最佳，这时我们感觉最舒适，这些散热方式也足以使核心体温保持在36.7℃左右。但是当周围温度接近人体核心体温时，这些散热方式的效果将不再处于最佳状态，因此我们会觉得热。特别是当空气湿度较高时，我们会感觉闷热。湿度的影响之所以如此明显，主要是因为人体中的水分可以吸收很多热量，然后通过蒸发作用将这些热量散发掉。一切不利于这种水分蒸发作用的因素，例如潮湿的空气、缺少通风、厚重的衣服等，都会使我们觉得酷热难耐和极度不适。

◎译者：詹浩

人死后细胞代谢还能维持多久？

解答专家

阿帕德·瓦斯（Arpad Vass）
美国橡树岭国家实验室法医人类学家

现有测量数据显示，人死后细胞代谢最多可持续4分钟～10分钟，这取决于尸体周围的外界环境温度。

在此期间，含氧血不再循环流动；而在正常情况下，含氧血中的氧气会与二氧化碳进行交换。由细胞呼吸产生的二氧化碳不断积聚，降低了细胞的pH值，产生出一种酸性胞内环境。

这种酸性环境使细胞内膜发生破裂，包括那些包裹溶酶体的细胞内膜。溶酶体中含有一些酶，可以消化蛋白质、脂肪和核酸。细胞内膜破裂使这些酶被释放出来，开始从内至外将细胞消化掉，这个过程被称为自溶或自体消化。



肝细胞

自溶的扩散速度取决于酶的局部密度：自溶在肝组织中的扩散速度多半比在肺组织中的扩散速度快，因为肝组织中这类酶蛋白含量较为丰富，而肺组织中这类酶蛋白要少一些。在诸如人脑之类含水量丰富的组织中，自溶扩散速度也要更快一些。

环境温度对调节自溶速度起着更为关键的作用。温暖的环境会加快自体消化过程，而较冷的外界环境会减缓这个过程。因此，有时人们在极其寒冷的水中溺水后经过相当长一段时间还能够被抢救过来。在这种情况下，寒冷的环境减缓了自溶过程，足以避免永久性组织损伤。

◎译者：詹浩

2　被医学破译的健康密码



◎减肥减掉的脂肪跑到哪里去了

◎吃完饭就睡觉会让人长胖吗

◎人为什么会发烧

◎人为什么会发痒，挠痒为什么会让人感到舒服

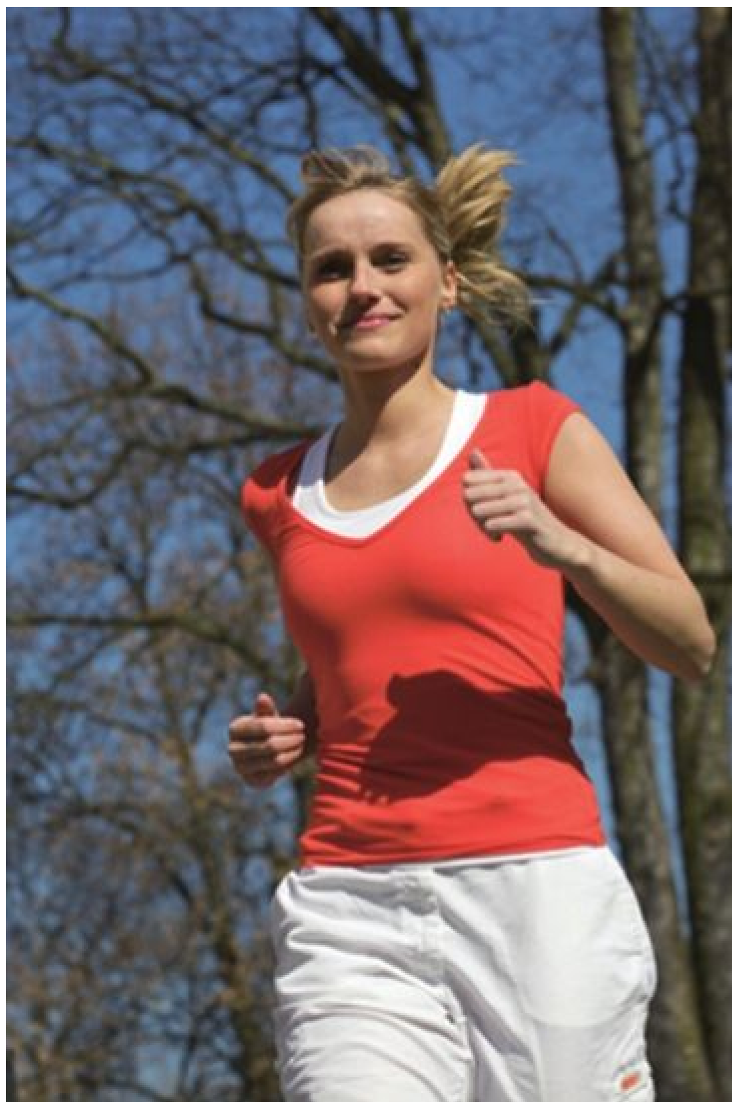
……

乳酸为什么会在肌肉中堆积？

解答专家

斯蒂芬·罗思（Stephen M. Roth）
美国马里兰大学运动机能学系教授

在某些情况下，例如短跑时，人体必须更加快速地产生能量，这使得能量产生的速度超过了机体向运动肌肉输送氧气的速度，此时乳酸就会积聚起来。



人体偏爱采用有氧的方法，即利用氧气来产生大部分能量。在剧烈运动中，我们会快速呼吸，以吸入更多的空气。然而，在某些情况下，例如短跑或举重时，我们的身体必须更加快速地产生能量，这使得能量产生的速度超过了人体能够输送足量氧气的速度。这时，人体组织就会将葡萄糖分解为一种叫做“丙酮酸”的物质，以便在厌氧条件下产生能量。当人体拥有足够的氧气时，丙酮酸就会返回到一种有氧的方式，进一步分解以便产生更多能量。但当氧气有限时，人体会暂时将丙酮酸转变成一种叫做“乳酸”的物质，这会使葡萄糖的分解——也就是能量的产生——继续下去。在无氧情况下，肌肉细胞可以维持1分钟～3分钟的能

量产生，在这个过程中，乳酸就能累积到一个很高的程度。

乳酸含量处于较高水平会增加肌肉细胞的酸性，也会破坏其他的代谢物。在这种酸性环境中，同样的代谢途径，即通过葡萄糖无氧分解以产生能量的能力会降低。这样就使我们身体产生的能量总量降了下来，保护我们在剧烈运动中不会受到严重的肌肉损伤。一旦身体放慢下来，氧气变得充足，乳酸就会变回丙酮酸，让连续的有氧代谢和能量供应得以恢复。

◎译者：虞骏

减肥减掉的脂肪跑到哪里去了？

解答专家

洛拉·斯波尼（Lora A. Sporny）
美国哥伦比亚大学营养学兼职副教授

当你通过减肥来降低体重时，消失的脂肪其实是被降解了，所释放出的能量可用于维持生命活动。



脂肪的学名是甘油三酯，这种大分子的形状就像一个字母“E”——甘油分子是那条竖线，3条脂肪酸侧链则是3道横线，连接在甘油分子上。当我们减少热量摄入或加大运动量时，人体就会分泌激素。这时，脂肪细胞内对激素敏感的脂肪酶就会行动起来，将甘油三酯分解成甘油和脂肪酸分子。随后，这些成分进入血液循环，开始被人体器官吸收：肝脏最先吸收甘油和部分脂肪酸，肌肉吸收剩下的部分。

在肌肉和肝脏细胞内，上述成分还会进一步分解，最终产生大量的乙酰辅酶A。在细胞的动力工厂——线粒体内，乙酰辅酶A与草酰乙酸结

合，生成柠檬酸。这一合成反应会启动柠檬酸循环，也就是三羧酸循环。这一循环由一系列化学反应构成，在分解脂肪、蛋白质、碳水化合物的过程中释放能量。

线粒体内的反应还会产生许多的产物和副产物：二氧化碳（呼气时，由肺部排出体外）、水（通过尿液或汗液排出）、热量（帮助身体维持适当的温度），以及三磷酸腺苷（ATP，储备能量的分子）。ATP专为人体细胞活动提供能量，这些活动包括控制肌肉收缩、维持心跳（每天10万次左右）、消化食物，以及促进身体组织吸收营养。

◎译者：褚波

吃完饭就睡觉会让人长胖吗？

解答专家

杰里米·巴恩斯（Jeremy Barnes）
美国东南密苏里州立大学健康促进教授

吃完饭就睡觉会让人长胖吗？如果不了解某个人的生活方式和遗传学等各方面的情况，就很难回答这个问题。不过，如果午后不去午睡而去散步，无疑将消耗更多的能量。



其实睡觉本身并不会导致体重增加。实际上，控制体重的关键是较长时期内的能量平衡，即能量摄入和消耗之间的平衡。当摄入的能量大于消耗的能量时，人体就会把多余的能量作为脂肪储存起来，无论这些过多的能量来自脂肪、碳水化合物、蛋白质还是乙醇。不幸的是，在美国许多人摄入的能量比他们消耗的能量要多，导致肥胖人口比重不断增大——约有三分之一的成年人体重超标，另外三分之一的成年人已经处于肥胖状态。

有意思的是，最近的一些研究表明，长期受失眠折磨或每天只睡几个小时的人，可能比那些睡眠充足的人更容易长胖。但是，这种现象可能主要是由睡眠触发的激素浓度变化所致。不过这一变化影响的是食欲，而不是睡眠总量本身。

◎译者：詹浩

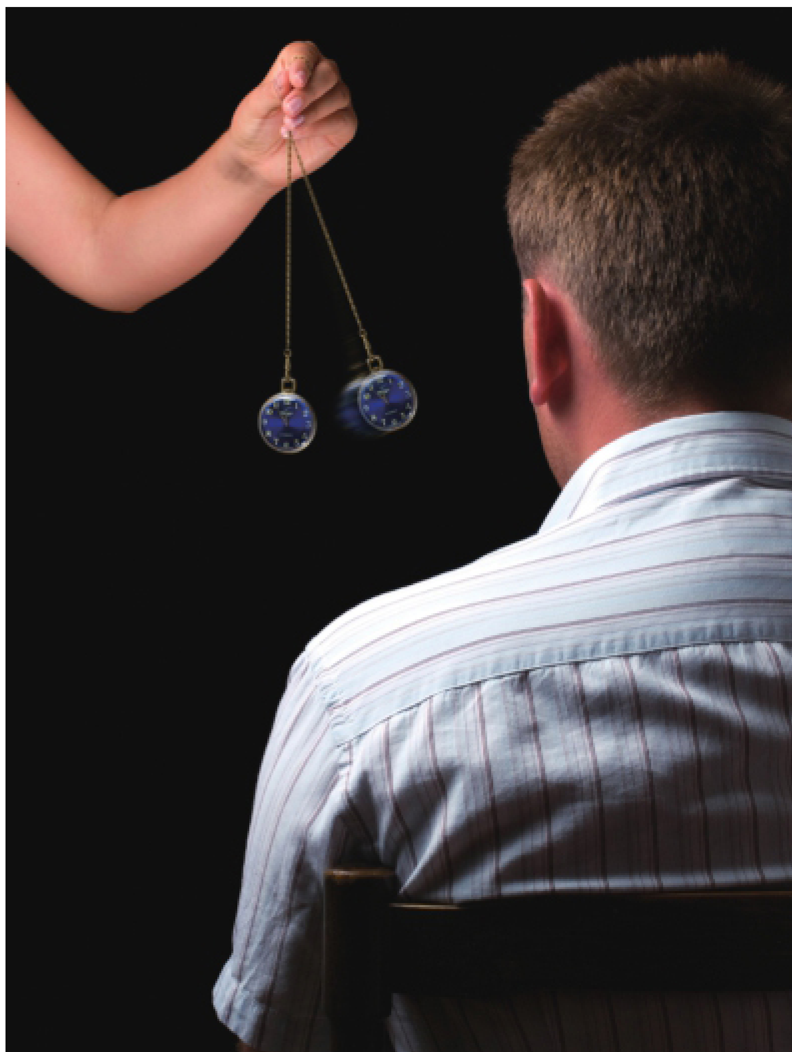
我们能用催眠来减肥吗？

解答专家

格兰特·贝纳姆（Grant Benham）美国得克萨斯大学泛美校区心理学家
迈克尔·纳什（Michael R. Nash）美国田纳西大学诺克斯维尔校区心理学家

催眠是真实存在的，但有关催眠的许多流行观点并不真实。当医学专家负责任地将催眠作为一套综合治疗方案中的一项治疗手段使用时，催眠就能够帮助受各种情绪和医疗问题折磨的患者了。

催眠是在改变主观经验、知觉、情绪、思想或行为的暗示中，持续集中注意力的产物。被催眠者能够在多大程度上感受到这些改变，取决于其先天感受催眠的能力，而非催眠者的“力量”或任何一种特殊技术。这种先天能力不会随时间的推移而发生很大的改变；某些人只是比其他人对催眠更为敏感而已。



催眠如何起作用？这是一个热门话题。有证据表明，催眠暗示能改变大脑处理信息的方式，从而影响知觉。如果一个人接到的催眠暗示是不会感到疼痛，那么他大脑的某些区域可能仍会存储人体正在经受的一种疼痛刺激，只是大脑的正常“情绪”反应变弱而已。

催眠能帮助受疼痛或衰弱性焦虑症折磨的病人，以及那些想要抑制不良嗜好或减肥的人。但催眠从来就不是一种独立的治疗手段，也不是一种纠正不健康生活习惯的可靠方法。上述这些以及其他夸张的断言，都尚未得到科学检验。例如，被催眠者并非处于催眠者的控制之下，并且被催眠者个体通常都记得催眠期间发生的每一件事。此外，人们对过去事情的记忆也并非完全真实。

◎译者：詹浩

疲倦时我们的眼睑为什么如此沉重？

解答专家

马克·安德鲁斯（Mark A. W. Andrews）
美国宾夕法尼亚州伊利湖骨科医学院生理学教授兼独立研究途径项目主任

包括用来抬起上眼睑的提肌在内，我们眼睛周围的肌肉有时会发沉。一般而言，这是由于眼睛周围的肌肉和身体其他部分的肌肉一样，都会出现疲劳现象。眼肌和额肌特别容易疲劳，因为在我们醒着的大多数时间里它们始终处于活跃状态。在一天当中，随着时间的慢慢流逝，眼肌和额肌同我们的手臂和腿部一样，会由于长时间使用而渐渐变得沉重。



全身疲倦、睡眠缺乏，以及因长时间注视电脑显示器之类物体而引发的特定肌肉的过度使用，都可能加重这种感觉。多余的眼睑皮肤，或者眼下脂肪垫下垂，会使个体更容易产生这种感觉。慢性变态反应和鼻窦感染也可能加重眼睑的沉重感。同样，日晒可能会导致眼睑肿胀，使眼睑下垂从而干扰视觉的可能性增加。

虽然眼睑沉重一般并不能表明该个体存在潜在健康问题，但是有些疾病确实会导致眼睑下垂，即医学上所说的上睑下垂。卒中或者像重症肌无力及强直性肌营养不良这样的肌肉疾病，可能会损害面部肌肉或神经，造成眼睑下垂；非必需面部外科手术或一些干预性介入疗法（比如给额头注射A型肉毒杆菌毒素），也可能产生上述损害。

◎译者：詹浩

人为什么会失眠？

解答专家

亨利·奥尔德斯（Henry Olders）
加拿大麦吉尔大学精神病学助理教授

导致人们难以入睡的原因很多，包括药物、酒精、咖啡因、压力和疼痛。当这些问题解决后，睡眠通常会自动得到改善。然而，许多人的睡眠问题最终变成了失眠症，即长期无法入睡或无法保持睡眠状态。

尽管许多失眠症患者都觉得他们自己睡眠不足，但是越来越多的证据表明，实际上他们的睡眠时间已足够多，甚至可能超过了实际所需。失眠者往往睡得早，起得晚，而且白天也要睡——这些都是造成失眠的原因。



为什么有人花在睡眠上的时间会超过其实际需要呢？对睡眠的看法似乎很重要。失眠的人在准备入睡时，往往不是将心思放在睡觉上，而是在思考问题，回忆白天发生的事件，关注周围的噪音。他们还会错误估计实际的睡眠时间。简而言之，如果你认为自己每晚需要8小时的睡眠时间，你就会安排作息时间以保证在床上呆够8小时。但是如果你只需要6小时的睡眠时间，那么你就会花2小时在床上辗转反侧。

我们究竟需要多少睡眠时间呢？如何判断睡眠时间是多了还是少了呢？尽管人们经常提到每晚要睡8小时，以至于8小时睡眠几乎成了人类社会的一条金科玉律，但其实，每个人需要的睡眠时间各不相同。一些大规模的流行病学研究已经表明，与睡眠时间多于或少于7小时的人相

比，每晚睡7小时的人，死亡风险（包括心脏病、癌症和意外死亡等因素）最低。此外，随着年龄的增长，我们需要的睡眠时间大概还要更少一些。许多人认为，如果晚上睡得好，那么第二天早上即使不用闹钟我们也会自己醒来，而且精力充沛，精神焕发。然而，生理节奏研究表明，即使整个晚上睡得都很香，人们在第二天清晨也会无精打采；而如果你真的睡眠不足，白天就会难以保持清醒。（另外，10分钟的小憩也能让你恢复活力。）

良好的睡眠习惯有助于治疗失眠症。可采取的措施包括：通过降低噪声、调节灯光和温度使自己感到舒适；不在床上看书或看电视；避免过量摄入食物、酒精、尼古丁、咖啡因和其他引起兴奋的物质；至少在熄灯前3小时结束身体锻炼；确定最佳上床时间。醒着的时间越长，慢波睡眠就越多，而慢波睡眠可以帮助人们恢复体力，振奋精神。另外，限制卧床时间也会有所帮助。综合利用这些非药物治疗手段比药物治疗更有效，效果也更持久。

◎译者：徐谷子

口吃是怎么形成的，可以治愈吗？

解答专家

斯科特·雅鲁斯（J. Scott Yaruss）
美国匹兹堡大学健康与康复科学学院传播学与沟通障碍助理教授、美国宾夕法尼亚州西部口吃中心联合主任

各种类别的口吃涵盖了沟通障碍中的大部分。神经源性口吃和心因性口吃，正如名称所指，都有其特定的已知病因。例如，患者的大脑结构存在缺陷或患者面临严峻的心理挑战。发育性口吃最为常见，通常始于2岁半～4岁之间。除了讲话不流畅外，口吃患者通常还会有消极的情绪性、认知性或行为性反应，这些因素会进一步影响交流能力。



现有理论认为，多种遗传和环境方面影响的综合作用导致了口吃的产生。目前，人们已经对运动技能、语言技能和性情等部分影响进行了仔细研究。

至今还没有任何方法能够治愈口吃，虽然许多治疗方法已被证明能

成功减轻患者的口吃症状。这些治疗方法包括：进行训练以便改变讲话方式；咨询言语 - 语言病理学家以便将负面影响减到最低；进行药物干预和安装电子器械以期改善说话的流利程度。对许多人来说，自我调节和互助小组的帮助对改善口吃也有显著作用。

◎译者：田代贵

人为什么会发烧？

解答专家

彼得·纳林（Peter Nalin）
美国印第安纳大学临床医学家、助理教授、家庭医疗住院项目主任

发烧即体温升高，通常与人体免疫系统受到的刺激相关。正常体温浮动区间为37℃上下0.5℃（98.6°F上下1°F）。

发烧能帮助免疫系统战胜感染原，并使温度敏感型病毒和细菌不易在人体内进行复制。

然而，感染并不是发烧的唯一原因。例如，安非他明类药物的滥用和戒酒反应都可导致体温上升。环境压力也会引起中暑及相关疾病。



位于大脑底部的下丘脑相当于人体的恒温器。它由名为热原的流动性生化物质激发。热原从免疫系统识别的潜在病灶出发，通过血液流动。人体组织会制造一些热原，许多病原体也会产生一些热原。下丘脑一旦发现热原，便会告诉身体加强代谢，以便产生更多热量，并且通过减少神经末梢区域的血液流动来保持热度，从而导致发烧。通常情况下，儿童更容易发高烧，这反映了热原对缺乏经验的免疫系统的影响。



有一种说法：感冒宜吃，发烧宜饿。难道发烧者真的应该像这句话所说的那样，少吃或不吃吗？答案是肯定的。发烧的时候，人体所有功能在生理应激反应增强期间都被调动起来了。在交感神经系统兴奋时，刺激性消化会过度刺激副交感神经系统。因此，发烧期间，人体可能会把从肠道中吸收的物质误解为变应原。在极少的情况下，严重的发烧会最终引发痉挛、虚脱和神志失常，这些都可能因为最近一次的进食而进一步恶化。

有时，发烧温度过高可能会影响身体健康。例如，发烧超过40.5℃（105°F），就会使一些重要蛋白质的完整性和功能遭到破坏，并可能引发一系列后果，包括：细胞应激、心肌梗死（心脏病发作）、组织坏死、痉挛和谵妄（神志不清）。如果发烧使体温过高，依靠人体自身机能难以降温，可以借助“冷却毯”或其他方法降温。

◎译者：田代贵

人为什么会发痒，挠痒为什么会让人感到舒服？

解答专家

马克·安德鲁斯（Mark A. W. Andrews）
美国伊利湖骨科医学院生理学副教授

痒又称瘙痒，当与皮肤相关联的神经细胞受到刺激时，这种感觉就会产生。瘙痒是一种重要的感觉，起着自我保护的作用——就像很多其他皮肤感觉所起的作用一样，瘙痒能引起我们对外界有害物质的警觉。不过，如果找不出引起瘙痒的原因，无法进行治疗或处理，持续性瘙痒就会让人苦不堪言。



瘙痒是许多皮肤疾病的显著特征。有时，瘙痒还会伴随某些影响全身的疾病一起出现。瘙痒的感觉源于瘙痒感受器（痒觉神经末梢）受到某些物质的刺激，这些物质包括能引发免疫应答的组胺类物质、缓解疼痛的阿片样物质、神经肽（包括大脑中释放的内啡肽和其他调节疼痛的信号分子）、神经传导物质（如乙酰胆碱和5－羟色胺）和能让脊髓神经细胞产生痛觉的前列腺素等。这几类物质的刺激作用一般与发炎、干燥，以及其他一些皮肤、眼睛黏膜或眼睛结膜的损伤有关。

瘙痒通常与一种瘙痒感受器的激活相关联，这类感受器由一些名为C纤维的特殊神经细胞构成。C纤维的“相貌”和痛感神经细胞一模一样，

但功能却截然不同——C纤维只负责传送瘙痒的感觉。一旦皮肤受到刺激，C纤维就会携带刺激信号，沿着神经到达脊髓并最终抵达大脑。

人们挠痒时，会刺激同一部位的各种疼痛和触觉感受器，从而干扰瘙痒感受器传达的感觉。与人体的许多感觉系统一样，一旦痛觉和触觉感受器被激活，就会产生一种“周围抑制”效应，阻止瘙痒感受器发出瘙痒信号，于是瘙痒感就被短暂地“关闭”了。虽然这样有助于减轻瘙痒感，但抓挠只是暂时缓解。如果抓挠过猛、次数过多，皮肤就可能会受到进一步的刺激，甚至会被抓伤。

尽管人们已经用了大约一个世纪的时间去研究瘙痒，却仍未找到一种能单独起效的抗痒疗法。不过，还是有不少外用的和口服的药物有助于抑制瘙痒感，这其中就包括洗剂和乳膏（例如炉甘石和氢化可的松）、抗组胺药、类阿片拮抗药（例如纳曲酮，一种用于治疗麻醉或酒精依赖的药物）、阿司匹林。此外，紫外线疗法也能缓解瘙痒感。

◎译者：詹浩

白化病的致病原因是什么，怎么治疗？

解答专家

雷蒙·布瓦西（Raymond Boissy）
美国辛辛那提大学医学院皮肤病学教授

白化病是一种遗传疾病，能使皮肤、眼睛和头发中的色素沉着（着色）现象部分或完全丧失。该病起因于黑色素细胞的突变。黑色素细胞能产生黑色素，给上述身体部位着色。在患白化病的个体中，基因的改变会扰乱黑色素细胞的色素生成，也可影响这些细胞给角质形成细胞（人体皮肤外层的主要细胞类型）着色的能力。

最常见的白化病为影响眼睛和皮肤的眼皮肤白化病1型（OCA1）和眼皮肤白化病2型（OCA2）。患OCA1的个体中，负责产生酪氨酸酶的基因发生突变，而黑色素细胞正是利用酪氨酸酶来将酪氨酸转化为色素的。OCA2型白化病在非洲最为常见，其病因是OCA2基因发生突变。该基因编码P蛋白，而P蛋白的作用目前还没有完全搞清楚。这种突变很可能是引发白化病最古老的基因突变，可能是在非洲人类进化过程中出现的。



大部分患有OCA1的白化病患者都有白皮肤、白头发和没有色素的眼睛。这些患者的虹膜（眼睛中包围着瞳孔的有色部分）是苍白的，而瞳孔本身看起来则是红色的，这种红色由视网膜（眼球背后衬底组织的光敏感层）血管对光的反射造成。通常，瞳孔看起来是黑色的，因为视网膜中的色素分子会吸收光并阻止光的反射。患OCA2型白化病的患者能制造少量色素，因而症状不太明显。

法律上通常将白化病患者认定为盲人。这些人在胚胎期没有黑色素，从眼睛通向大脑视觉皮层的神经通路发育异常，这导致他们的深度知觉减弱。而且在眼睛缺少色素的情况下，视网膜光感受器可能会受到过分刺激，给大脑发出模糊不清的信息，还常常产生眼球震颤症状。

皮肤色素缺失使人们更容易患非黑色素瘤皮肤癌，例如鳞状细胞癌和基底细胞癌。而功能正常的黑色素细胞会给角质细胞着色，使细胞内部的细胞核和脱氧核糖核酸（DNA）免受太阳发出的紫外线的照射。白化病患者还可能过早地出现皮肤老化，因为阻挡紫外线的黑色素有助于防止皮肤出现皱纹或失去弹性。

美国明尼苏达大学的遗传学家理查德·金（Richard King）和托马斯·杰斐逊大学的细胞生物学家维塔利·阿莱克谢耶夫（Vitali Alexeev）等研究人员，正在研究可以修复白化病致病突变的基因疗法或药物。一些科学家已在治疗小鼠皮肤和毛发的局部脱色研究中取得了一些成果，但是要将这种研究成果应用于人类还有很长的路要走。

◎译者：詹浩

什么是脂肪肝，怎么防治？

解答专家

季光
上海中医药大学医学教授

脂肪肝并不是指肝脏变成了脂肪，而是指肝脏里的脂肪含量升高，超过了正常比例（健康人的脂肪约占肝脏重量的15%，脂肪肝患者肝脏里的脂肪则占肝脏总重的30%以上）。这是一种以肝细胞脂肪变性和脂肪积累为特征的临床病理综合征。根据肝细胞内的脂肪含量，可将脂肪肝分为轻、中、重三种程度；根据有无过量酒精摄入，又可将脂肪肝分为非酒精性脂肪性肝病和酒精性肝病。在我国非酒精性脂肪性肝病更为常见。



引起脂肪肝的原因很多，营养过剩、营养不良、药物中毒、大量饮酒、糖尿病、慢性肝炎均可引发脂肪肝。据临床统计数字显示，脂肪肝患者并发肝硬化、肝癌的概率是正常人的150倍。同时，由于脂肪肝患

者机体免疫力相对较低，感染甲型、乙型肝炎的概率也明显高于正常人。肥胖、II型糖尿病、饮酒和高脂血症是导致脂肪肝的主要危险因素，因此合理饮食、控制体重、控制饮酒、加强体育锻炼，是预防和治疗脂肪肝的关键。

脂肪肝的形成是一个慢性过程，如能及早发现、及时控制和治疗，是完全可能逆转和纠正的。因此，应当定期体检，以便尽早发现体内可能存在的病变。有肥胖、糖尿病、高脂血症等危险因素的人群，尤其要多加注意。

最新资料显示，在我国中青年男性中有四分之一患有脂肪肝。随着工作压力加大，社会竞争日趋激烈，上班族的作息时间越来越不规律，再加上他们经常外出参加应酬并饮酒，使得他们患脂肪肝的概率大大增加。与肥胖相关的脂肪肝患者越来越多，对于他们而言，应当适当锻炼而非休息，还要多吃粗粮、蔬菜，少吃高脂肪、高热量的精细食品和保健品。只有有效控制体重和腰围，严格禁酒，才有可能减轻肝脏脂肪的堆积，从而促进脂肪肝及相关疾病患者的康复。

阿司匹林有哪些副作用？

解答专家

李晓辉
第三军医大学药理学教授

阿司匹林可以镇痛、解热、消炎、抗风湿。19世纪末，人们就开始使用阿司匹林来治疗疾病。近年来，人们发现阿司匹林还可影响血小板聚集，防止血栓形成，在防治心脑血管疾病方面有独到之处，因此称之为“心血管疾病现代治疗的基石”。患有心脑血管疾病（如冠心病、心绞痛、心电图显示缺血、血管狭窄或有粥样斑块、心肌梗死或卒中）的病人均可长期、小剂量（每日75毫克～150毫克）服用阿司匹林。

阿司匹林的不良反应主要表现在对胃黏膜的刺激上，少数病人甚至会出现消化道出血。少见的不良反应还包括支气管痉挛、过敏性皮疹等。由于阻碍肾脏排泄尿酸，阿司匹林还会导致部分患者血尿酸增高，甚至诱发痛风。为了减少阿司匹林所引起的胃肠道反应，可服用阿司匹林肠溶片、肠溶粒、泡腾片等其他剂型代替普通剂型的阿司匹林。在服药期间，病人最好每3个月～6个月进行一次血液检查（包括白细胞、血小板等检查项目）。



人们是怎么发现能使瞳孔扩大的化学物质的？

解答专家

唐纳德·穆蒂（Donald Mutti）
美国俄亥俄州立大学眼科学院教授

扩瞳眼药水很可能是偶然间被发现的。虹膜是眼睛的彩色“门帘”，可以控制到达视网膜的光量。而扩瞳眼药水能阻断肌肉中的感受器对虹膜的收缩作用。在这种阻断下，肌肉使虹膜扩大，导致虹膜中央的孔（即瞳孔）扩大。

通过瞳孔开大肌和瞳孔括约肌这两种虹膜肌的相反作用，我们的瞳孔就会在黑暗中扩大，在明亮光线下收缩。瞳孔开大肌在虹膜中呈放射状排列，收缩时将虹膜向外拉，使虹膜鼓起来，就像打开的门帘。瞳孔括约肌呈环形排列，类似于钱袋上的收口绳。它收缩时会将虹膜向里拉并使它变平，犹如合拢的门帘。



颠茄（一种有毒的茄属植物）

上述虹膜肌受自主神经系统控制。该系统包括交感神经系统和副交感神经系统两个系统，涉及无意识的反射作用。交感神经的输出与唤醒作用有关，在应激反应时，它刺激瞳孔开大肌收缩，使瞳孔张开。副交感神经的输出与镇定机理有关，它刺激瞳孔括约肌收缩，使我们的瞳孔收缩。

扩瞳眼药水属于抗胆碱药，能阻断乙酰胆碱的作用，而乙酰胆碱则是副交感神经细胞释放的神经递质。现代扩瞳眼药水是人工合成的阿托品类药物。阿托品是颠茄（一种有毒的茄属植物）的提取物，也是一种臭名昭著的毒素，因为摄入这种毒素后会出现著名的五大症状：高温不下、皮肤潮红、干燥难耐、视力模糊和举止疯狂。

也许有人在制备这种提取物之后，只是擦了一下眼睛，就发现了它的扩瞳作用。显然，早在数百年前人们就利用了它的这种特性，特别是在意大利——当时的女人希望通过扩大瞳孔让自己拥有雌鹿一般可爱迷人的眼睛。扩大的瞳孔，的确能帮助女人们更好地眉目传情。

©译者：詹浩

抗生素为什么只攻击细菌细胞而不伤害人体细胞？

解答专家

哈里·莫布利（Harry Mobley）
美国密歇根大学医学院微生物及免疫学系教授

抗生素可以通过多种方式选择性地锁定细菌，将其根除，而不会干扰人体细胞功能。

大部分细菌的细胞壁都含有肽聚糖（一种生物大分子），而人体细胞既不产生也不需要肽聚糖。比如，青霉素就会阻断肽聚糖装配过程中的最后一步——交联步骤，即转肽作用。于是，细菌就会因细胞壁变脆、破裂而死亡。



另一些抗生素类药瞄准了细菌的代谢途径。磺胺类药物在结构上与对氨基苯甲酸类似，后者是叶酸合成所必需的。所有的细胞都需要叶酸。尽管叶酸这种维生素很容易扩散到人体细胞内，但它却无法进入细

菌细胞，因此细菌必须靠自己合成叶酸。磺胺类药物会抑制叶酸合成过程中的关键酶，使细菌无法继续生长。

还有一种抗生素——四环素，通过阻止蛋白质合成来干扰细菌生长。细菌和人体细胞都是通过核糖体来合成蛋白质。四环素结合在核糖体的某个位置，阻止了信使核糖核酸（mRNA）与转运核糖核酸（tRNA）之间的相互作用，中断了蛋白质肽链的延长。而在人体细胞中，四环素不会积累过多，因而也不会阻碍蛋白质的合成。



脱氧核糖核酸（DNA）的复制对细菌和人体细胞来说都是不可或缺的步骤。像环丙沙星这样的抗生素，专门抑制细菌的DNA促旋酶（DNA复制过程中的关键酶）的活性，阻止DNA的复制。但这种抗生素并不会影响人体的DNA促旋酶。

◎译者：虞骏

基因疗法怎么治病？

解答专家

阿瑟·宁休斯（Arthur Nienhuis）
美国田纳西州孟菲斯圣祖德儿童研究医院血液学家，曾任美国基因疗法协会主席

基因疗法是将新的基因转入到患者细胞中，以取代缺失或功能障碍基因的一种治疗方法。因为病毒的特性就是将自己的遗传物质带入宿主细胞，所以科研人员一般用病毒作为载体，将用于治疗的遗传物质送进细胞。



1990年，医生首次进行了基因疗法人体试验，这种疗法能够在患者体内或体外实施。使用体内疗法时，可将携带治疗基因的病毒直接注射到存在缺陷细胞的区域。譬如，在治疗帕金森病时，这种疗法就很实用，它的实施只针对大脑的部分区域。

早期的体内基因疗法使用的是一种腺病毒（一种引起普通感冒的病毒），但这种病毒载体会触发人体的免疫反应。如今研究人员使用的是腺相关病毒，尚不清楚它是否会引起人体疾病。

在体外基因疗法中，研究人员从患者身上采集血液或骨髓，并从中分离出未发育成熟的细胞。科研人员将一种基因添加到那些细胞上，并将它们注射回患者的血液中；这些细胞通过血流到达骨髓，迅速发育和增殖，最终取代缺陷细胞。研究人员正致力于采用这种疗法置换患者的所有骨髓或整个血液系统。譬如，镰状细胞贫血的患者血流会被月牙形的红细胞堵塞，而这种疗法有望用于该疾病的治疗。



体外基因疗法已被用于治疗重度联合免疫缺陷病（SCID），这种疾病有时被称为玻璃罩儿童综合征。SCID患者不能抵抗日常感染，并且通常在儿童期就死亡。为了治疗这种疾病，科学家们使用了反转录病毒。人类免疫缺陷病毒（HIV）就属于这类病毒。这类病毒特别擅长将它们

的基因嵌入至宿主细胞的DNA中。大约有30名儿童接受了对SCID的治疗，结果90％以上的儿童被治愈——比起骨髓移植50％的治愈率，这是一个不小的进步。

反转录病毒可能带来的一个风险是，这些病毒可将它们的基因嵌入宿主DNA的任意位置，破坏其他正常基因并导致白血病。到目前为止，通过反转录病毒治疗的SCID患者中，已有5位患上了这样的并发症，不过其中有4位患者战胜了白血病。科研人员正在努力研究，以降低因使用基因疗法而引发白血病的风险。

虽然目前美国市场上并不存在基因疗法产品，但是近期的研究表明，其对帕金森病和莱伯氏先天性黑矇（LCA，一种罕见的失明现象）的治疗已初见成效。如果基因疗法的这一潜在疗效得到证实，数百种疾病将有望通过该方法治疗。

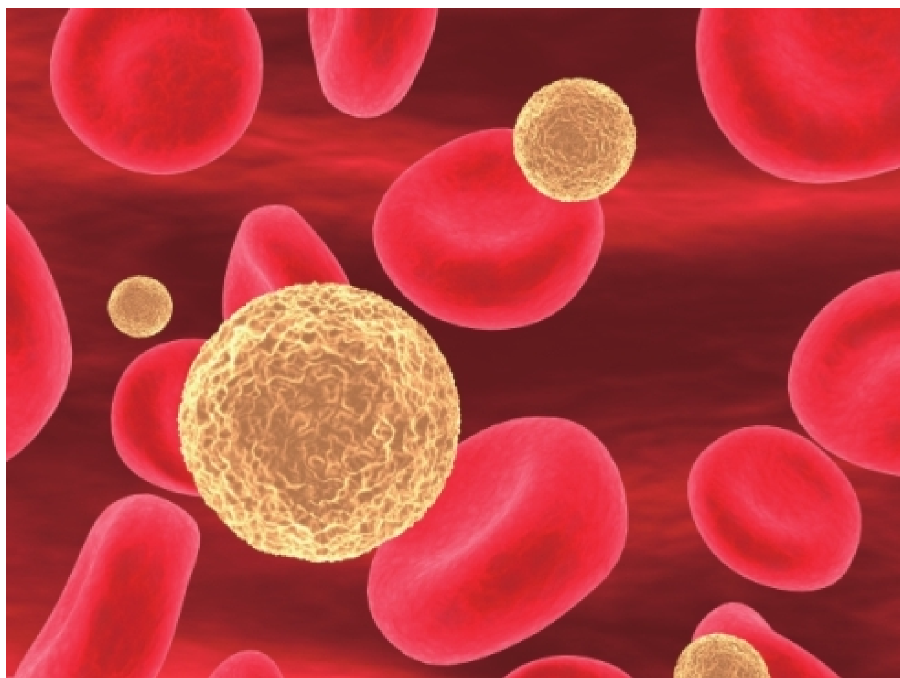
◎译者：詹浩

输血过程中供体DNA发生了什么变化？

解答专家

米歇尔·龚（Michelle N. Gong）
美国芒特西奈医学院助理教授

一些研究表明，供体脱氧核糖核酸（DNA）将会在输血受体的血液中存在几天，有时会更长一些，但是它的存在不大可能明显改变基因检测结果。红细胞是输入血液的主要成分，它既不含细胞核，也不含DNA。然而，输入的血液中确实存在大量含有DNA的白细胞——每单位（大约0.47升）血液中约有10亿个白细胞。就算是在滤除了供体白细胞的成分血中，每单位也可能含有数百万个白细胞。



血液中的红细胞和白细胞

研究人员采用一种名为聚合酶链式反应（PCR）的检测方法，在输

血后的受体血液中检测到了供体DNA。PCR可以扩增极少量的遗传物质，因而能检测和发现一些特殊基因。一些研究使用PCR扩增了接受男性供体输血的女性受体血液中的男性基因，结果证明供体DNA在受体中存在时间可达7天。另一项对接受大量输血的女性外伤病人的研究显示，供体白细胞在其体内存在时间达一年半之久。

不过，所有这些研究结果，都是通过极其灵敏的技术——在数量众多的受体DNA中选择性地扩增供体DNA——获得的。一些对供体和受体的共有基因进行扩增的研究显示，输血受体自身的DNA仍占统治地位。这一结果表明，在受体体内输血引入的供体DNA，相对来说是微不足道的。

◎译者：詹浩

什么是“垃圾”DNA，它有什么作用？

解答专家

沃依切赫·马卡洛斯基（Wojciech Makalowski）
美国宾夕法尼亚州立大学生物学教授、基因组学研究专家

所有动物都有大量冗余的垃圾脱氧核糖核酸（DNA），它们和其他DNA一样，都是遗传材料，但不能为构建动物身体、催化细胞内化学反应的蛋白质进行编码。在我们的基因图谱中，实际上只有2%的DNA能够编码蛋白质。



1972年，已故遗传学家大野乾（Susumu Ohno）创造了“垃圾DNA”这个术语，用以表述所有不能编码蛋白质的DNA片段。这些DNA片段中的大多数都是一些重复序列，任意散布在整个基因组上。一般而言，垃圾DNA片段是通过转座——一个DNA片段转移到了基因组的其他区域——产生的。因此，在这些区域，一般都有多个转座子。（转座子

其实就是一些基因序列，它们从基因组上自我复制或剪切下来，然后重新插入基因组的其他地方。）

20世纪90年代初，人们对垃圾DNA，特别是重复序列的兴趣日益浓厚。目前，许多生物学家都认为，重复序列是基因组中的宝藏。在基因组中，转座子无疑是基因重组的热点，它能发出调控基因表达的重要信号，从而增强了物种进化的能力。就此而言，重复序列并非“垃圾”，而是基因组中的必要组成部分。

◎译者：詹浩

科学家是怎么追溯延续了几个世纪的线粒体DNA的？

解答专家

伯特·埃利（Bert Ely）
美国南卡罗来纳大学生物学家

线粒体脱氧核糖核酸（mtDNA）一般不会发生太大改变，即使发生改变，也是在世代之间。线粒体DNA只能由母亲传递给孩子；父亲不能将他们的线粒体DNA传递下去。

虽然线粒体DNA确实会发生突变，但并不经常发生——在后代中，线粒体DNA发生变异的概率还不到1%。因此，一个人的线粒体DNA很可能与十几代之前的直系母系祖先相同。利用这种共同的遗传特征，就可以跨越巨大的时间障碍，将生存年代相去甚远的人联系在一起。例如，如果我们发现某种线粒体DNA主要出现在非洲，那么我们就能推断出，世界其他地方的那些具有这种线粒体DNA的人，他们的母系祖先来自非洲。



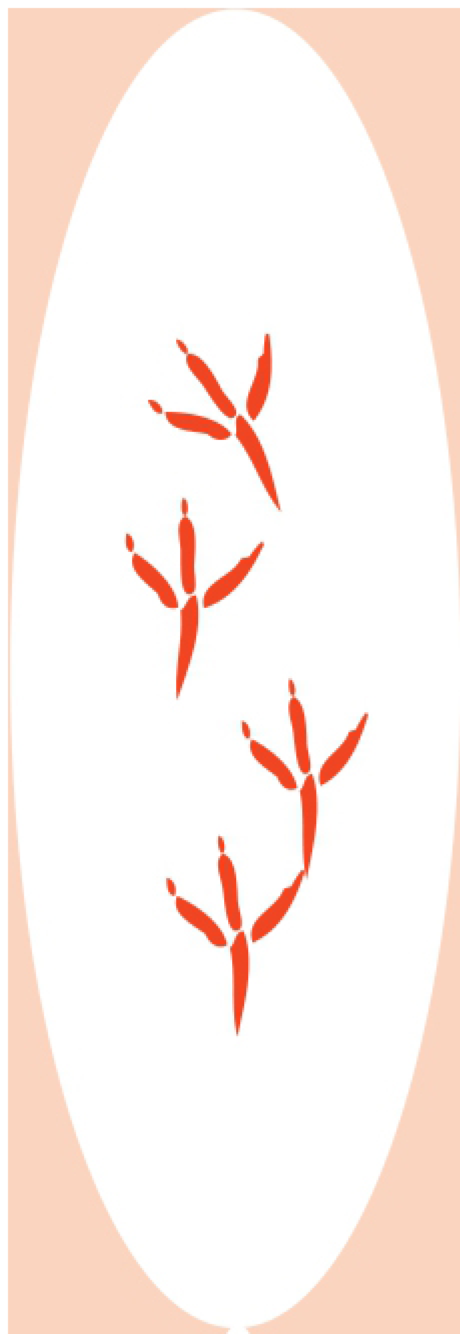
大多数DNA都存在于人体细胞的染色体上或细胞核（细胞中央被膜包裹着的包含所有染色体的部分）中，线粒体DNA则是个例外。线粒体是由膜包被的小型细胞器，存在于所有植物和动物细胞中，为细胞提供大部分的能量，以保证细胞正常生命活动的进行。每个线粒体都拥有自己的DNA和蛋白质合成系统。

在人们开始环球旅行以前，人类线粒体DNA的罕有变异使得各大洲人群都有自己独特的线粒体DNA。因此，科学家能根据线粒体DNA上最可能发生突变的区域——高变区I（HvrI），找出大部分处于同一时期的线粒体DNA是从哪个大洲起源的。科学家可以通过分析高变区I，找到从母亲到女儿的一代一代传递中，线粒体DNA曾经出现的所有突变记录。各大洲线粒体DNA存在的显著差异，就是这些经年累月的突变造成的。

即使在同一大洲，人类的线粒体DNA也存在区域性的差异——如果一位女性的线粒体DNA发生了突变，那么由于她的后代大多毗邻而居，这一突变通常会局限在她所居住的地区。当然，每当人们从一个地方迁移到另一个地方，他们的线粒体DNA也会随之迁移。例如，住在撒哈拉沙漠以南非洲的人，曾经进行过大范围的迁移。最近的一项研究就印证了这一点：在非洲许多国家的人群中，共同享有的线粒体DNA数量大约占到了非洲人群线粒体DNA总数的一半。

◎译者：丁莉

3　道不尽的生物万象



◎萤火虫为什么会发光

◎候鸟为什么以人字队形飞行

◎猫为什么有内眼睑，它有什么用

◎电鳗是怎么生电的，它为什么不遭电击

……

室内植物有向光性，那室外树木为什么笔直向上生长？

解答专家

埃德加·斯波尔丁（Edgar Spalding）
美国威斯康星大学麦迪逊分校植物学教授

与室外生长的树木相比，放在窗台上的植物经受的光照强度变化更为剧烈。在室外，重力作用对树木的影响强过向光作用。在室内，植物某一侧所接受的光线会比另一侧强很多，这使得室内植物受光侧的光感受器分子更多地被激活。在生物化学上，这种差异被视为一种生长响应，也就是所谓的向光性，它使得植物向光弯曲生长。



夏初，在纬度为60度的地区，正午的阳光会有所倾斜，倾斜角度大概是55度。不过，这一地区的光照强度差异较小且变化很大，因此，生长在该地区的树木虽受到不对称光照，却依然直立生长，并不弯曲。那里的树木所经受的中等强度光照变化被持续的重力作用所抵消，这种作

用被称为向重力性，这种特性使得植物向上生长。室外树木的向重力性超过向光性，但是对于放在窗台上的植物，情况却正好与此相反。

在所有纬度，林隙（森林群落中老龄树死亡等原因导致成熟阶段优势树种死亡，而在林冠层造成的空隙）的边缘都是观察向光性树木生长的理想地点。在那里，光的强度变化剧烈，因此可以观察到树木不断伸向林缘间隙的现象。

◎译者：詹浩

萤火虫为什么会发光？

解答专家

马克·布拉纳姆（Marc Branham）
美国佛罗里达大学昆虫学与线虫学系助理教授

萤火虫靠体内产生的一种化学反应来发光，这种发光方式称为生物发光。人们最为熟知的生物发光的例子可能就是萤火虫发光。在生物发光反应中起作用的酶，即萤光素酶参与的情况下，细胞内的氧，与钙、储能分子三磷酸腺苷（ATP）以及萤光素一结合便会发光。与会大量发热的灯泡发光不同，萤火虫发出的是“冷光”。在这个过程中，不会散发很多热量导致能量消耗过多，这点对萤火虫至关重要。如果它的发光器官也像灯泡那样发热，萤火虫将无法存活。

萤火虫可以控制发光器官内化学反应的开始与结束，以使光产生或消失。在这种化学反应中，氧必不可少。有氧时，发光器官就被点亮；无氧时，光就消失。昆虫没有肺，它们通过一系列复杂的逐次变细的微气管，把氧从体外输送到体内细胞。控制微气管中氧输送的肌肉工作速度相对较慢，因此，在过去很长一段时间里，萤火虫中的某些种类为何能如此之快地发光一直是个谜。直到最近研究人员才发现，一氧化氮在萤火虫对发光的控制上发挥了关键作用。简单地说，萤火虫不发光时，也就没有一氧化氮产生，此时氧被束缚在细胞中线粒体的表面，不能被输送到发光器官中；当一氧化氮存在，线粒体受到抑制时，氧就能进入到发光器官中与其他化学物质结合，产生生物发光反应。但是，由于一氧化氮降解迅速，一旦一氧化氮停止产生，线粒体中的氧很快被重新束缚住，发光也即告结束。

萤火虫发光的原因似乎有很多。萤火虫的幼虫可短暂发光，而且主要是在夜间发光。尽管很多种类的萤火虫幼虫是在地下生活或半水生的，不过这些幼虫仍有同样的发光特性。萤火虫体内能产生防御性类固醇，让捕食者认为它们不好吃。而幼虫则通过发光示警捕食者，它们的味道不好。萤火虫成虫大多按照其同类特有的模式来闪光，从而使它们

能够识别同类成员并辨别出异性成员。若干研究表明，雌性萤火虫选择配偶所依据的是雄性自身的闪光模式特征。在两个不同种类的萤火虫中人们均发现，闪光速度较快且闪光强度较高的雄性萤火虫对雌性更有吸引力。

然而，某些种类的萤火虫成虫根本就不发光，它们靠信息素来寻找配偶。利用信息素作为求爱信号是萤火虫原始的求爱方式，而用光作为求爱信号是后期演化的结果。有些萤火虫兼用两种求爱方式，在演化上，它们是介于只能发出信息素和只能发出光的萤火虫之间的物种。

◎译者：徐彬



蜜蜂为什么嗡嗡叫？

解答专家

加德·奥蒂斯（Gard Otis）
加拿大安大略省圭尔夫大学环境生物学教授，研究蜂类的行为、生态和演化

蜂类可以通过两种方式发出嗡嗡声。一种是通过快速振翅产生空气振动，让人们听到嗡嗡声。蜂的个头越大，振翅就越慢，发出的嗡嗡声就越低沉。这种振翅发声的现象并不是蜂类的“专利”，一些蝇类、甲壳虫和黄蜂也能在飞行中通过振翅发出嗡嗡声。



此外，有些蜂，比如大黄蜂，常在采蜜时振动它们的翅肌和胸部（它们身体的中间部分）。这样的振动，可以使花药中的花粉掉落在它们身上。当大黄蜂去采下一朵花时，身上的一部分花粉就会掉落在花上，从而完成授粉。大黄蜂还会将剩下的花粉清理到它们后腿携带花粉的特殊结构中，带回蜂巢喂养幼虫。

当大黄蜂晃动花朵释放花粉的时候，“嗡嗡”的声音相当大。而蜜蜂

就不具备这种“嗡嗡授粉”的能力，它们采蜜的时候通常是静悄悄的。此外，有些植物的花适合于“嗡嗡授粉”的方式，譬如西红柿、青椒和蓝莓。这些植物都将花粉贮藏在管状的花药内。当大黄蜂摇晃花朵时，花粉就从管状花药中掉落到蜂的身上。因此，大黄蜂给这些农作物授粉的效率要比蜜蜂高得多。

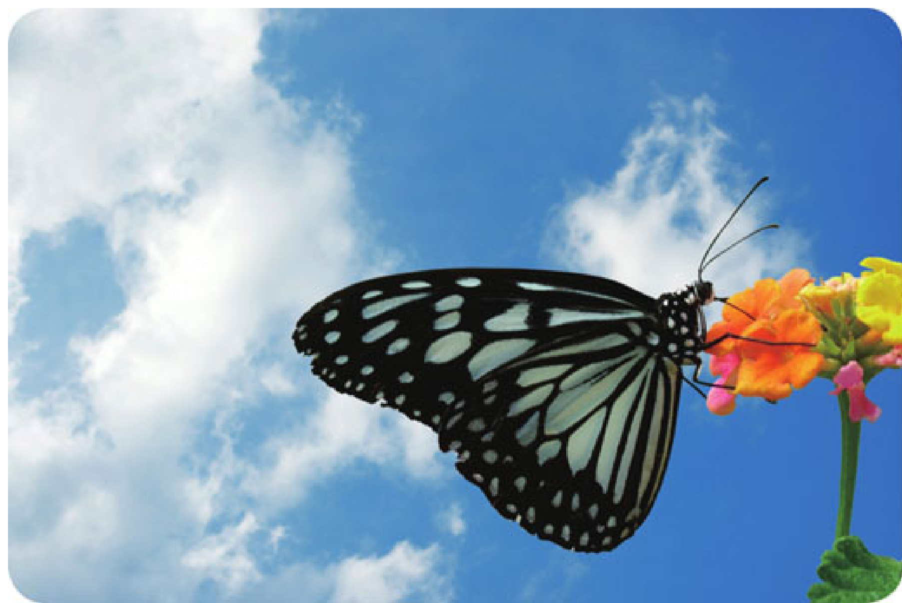
◎译者：虞骏

下雨时蝴蝶在干什么？

解答专家

迈克尔·劳普（Michael Raupp）
美国马里兰大学昆虫学教授

下雨天蝴蝶要干的事不外乎躲雨。对于一只体重只有500毫克的黑脉金斑蝶来说，暴风雨可不是一件小事：一滴70毫克重的雨点击打在蝴蝶身上，就好像两个小保龄球那样重的水球砸在我们身上。



暴雨还会妨碍蝴蝶活动。为了准备飞行，这些空中特技飞行员必须让阳光直接照射它们的翅膀，这样才能迅速温暖它们的飞行肌（翅肌），而阴天时，它们起飞所必需的太阳辐射则会受到遮挡。

因此，当乌云密布天色变暗时，蝴蝶便会在栖息地寻找躲雨的地方：如高高的草丛或多叶植物之类可以遮风挡雨的场所。当太阳重新露出笑脸时，蝴蝶常常会在几分钟之内重返蓝天，翩翩起舞，相互追逐。所以下一次雷声隆隆之时，让我们也像蝴蝶那样，先去寻找地方躲雨；

等到太阳重露笑脸，再马上投入大自然的怀抱，去享受生活的乐趣。

◎译者：王颖

候鸟为什么以人字队形飞行？

解答专家

布鲁斯·巴特（Bruce Batt）
美国田纳西州孟菲斯野鸭湿地保护小组首席生物学家，已于2007年退休

关于鸟类为什么要编队飞行，有两种已得到充分证实且互为补充的解释。（人字形和一字形是两种典型的候鸟飞行队形，非常容易辨认。研究已发现，一字队形其实比人字队形更为普遍。）其中一种解释是，领飞鸟身后会产生一股上升气流，这样跟随者飞行时，便可借助该气流的支持而减少体力消耗。另一种解释是，严格的编队飞行能使候鸟之间保持适当的飞行距离，保证准确的飞行方向，同时也能促进鸟群内部的信息沟通。



毫无疑问，编队飞行带来了众多好处，但每一种好处的相对重要性会随着各种因素的变化而变化，这些因素包括季节和单次飞行的目的等。例如，当鸟群在一个地区觅食飞行的时候，准确定向和避免碰撞比储存能量更重要；而在长途迁徙中，储存能量无疑重要得多，因此鸟群中的每一个成员会通过保持最佳位置来减少能量消耗。

◎译者：詹浩

鹦鹉为什么会学舌？



解答专家

迈克尔·申德林格尔（Michael Schindlinger）
美国莱斯利大学鸟类生物学家，他同时在运营一个有关鹦鹉的网站：
www.freeparrots.net

鹦鹉学舌的原因有很多，而且不同种类的鹦鹉，学舌的原因似乎也不同。有些鹦鹉在模仿时会产生地域性的方言，这可能有助于来自相同地区的异性彼此接近——或相互躲避。同样，一些鹦鹉的发声学习，使领地相邻的邻居能彼此相认，有助于区分出闯入领地的“流浪汉”。而对澳大利亚小型鹦鹉——虎皮鹦鹉的一项研究指出，它们在选择配偶时，似乎也要把叫声的相似度作为评判标准。

模仿性发声学习也是神经功能（包括听力、记忆力和发音时的肌肉控制能力等）的一种可靠表现形式，可以作为鹦鹉选择配偶或盟友的依据之一。

对野生鹦鹉种群地区方言的录音回放研究证明，这些鹦鹉对本地的发音方式反应更为强烈。这一现象意味着模仿带来的另一个重要好处：

如果一只鹦鹉对某种叫声已经有了记忆，即拥有了一种所谓的神经模板，那么发出这种叫声就更能引起这个潜在听众的注意。在嘈杂的环境中，这种预先形成的感知模板使得另一只鹦鹉的叫声更容易被听到。

猫为什么有内眼睑，它有什么用？

解答专家

保罗·米勒（Paul Miller）
美国威斯康星大学麦迪逊分校兽医眼科专家

内眼睑并不是猫特有的生物学特征，这在哺乳动物和鸟类中很常见。在自然界里，像人和其他灵长类这样没有内眼睑的物种才是真正的另类。内眼睑又被称为第三眼睑，它是上、下外眼睑的重要补充，很好地保护着眼球表面的健康。

第三眼睑的学名叫瞬膜。它的解剖结构复杂，是一种皱襞组织，表面覆盖着特化的黏膜（结膜）。在瞬膜与眼球表面和泪膜（由泪液构成的薄薄的液体层）接触的一侧，密密麻麻地聚集着淋巴滤泡。这些滤泡就像是眼睛的淋巴结，保护眼睛表面免受微生物侵扰。



在两层结膜之间，有一道致密的T形软骨板，它的弯曲程度与眼睛前面的透明覆盖物——角膜表面一致，而T形软骨板的横杆强化了第三眼睑的游离缘（因为第三眼睑呈半月形，其中的软骨板加固了大部分的边缘，只剩下一条可以活动的边）。大部分泪膜的出产地——副泪腺则分布在T形软骨板的竖杆四周。

当猫警醒的时候，它的第三眼睑大部分都藏在眼窝里，只能在眼睛内角看到很小的一部分。然而，在猫放松、睡觉或眨眼的时候，一组骨骼肌使眼球后缩，我们就能看到它的第三眼睑在眼球表面运动，并完全盖住了角膜。

这样一来，第三眼睑就像汽车雨刷片，清除眼球表面的碎屑，让眼泪重新覆盖到整个角膜上。人们普遍认为，当猫在高高的草丛中穿行，或捕捉猎物的时候，第三眼睑有助于保护角膜，使其免受伤害。相比灵长类动物，副泪腺的存在使得眼球表面被冲洗得更加彻底；而且与仅有

外眼睑相比，第三眼睑似乎能更好地维持角膜上的泪膜。

没人知道为什么人没有第三眼睑，可能因为人通常不会像猫那样捕捉猎物，也不需要像马那样埋头在植物丛中觅食。因此，拥有这种额外的保护眼睛的方法对人类来说不算什么生存优势。

◎译者：冉隆华

猫薄荷为什么会诱使猫科动物发情？

解答专家

拉莫娜·特纳（Ramona Turner）
兽医，在美国加利福尼亚州弗雷斯诺市拥有两所动物医院

从我们身边的小型家猫到大型狮子，所有的猫科动物都对荆芥内酯极为敏感。这种化合物存在于猫薄荷这类荆芥植物的茎和叶中，主要作为猫科动物人造外激素使用。

人们认为，猫薄荷中的荆芥内酯一旦进入猫科动物的鼻腔组织，就会与蛋白受体结合刺激感觉神经元。这些神经元细胞会触发一连串反应，信息最终会到达杏仁核（中脑中将外界刺激转换为情绪反应的两个神经元簇）和下丘脑（大脑中的“统帅腺体”，可调节包括饥饿与情绪在内的所有反应）。杏仁核将这股信息流汇集起来，并由那里的神经元投射到一些控制行为反应的脑区。下丘脑通过脑垂体调节神经内分泌反应，对这种人造激素产生一种性反应。

猫科动物闻到猫薄荷气味便会有一系列袒露真情的表现：它们可能会用头和身体去蹭这种植物，或者跳跃、打滚、喊叫和流口水。这种反应大约会持续10分钟。大约有70%～80%的猫科动物会对猫薄荷产生这种遗传性反应，但在它们几个月大的时候则没有。

◎译者：詹浩



猫薄荷

海贝壳和蜗牛壳是怎么形成的？

解答专家

弗朗西斯·霍恩（Francis Horne）
美国得克萨斯州立大学生物学家

蛤蜊、牡蛎、蜗牛以及其他软体动物的外骨骼被称为壳，它们不像一般动物那样由细胞构成，而主要由碳酸钙组成，其中还包含了少量（通常不到2%）的蛋白质。

外套膜组织位于壳的下方并且与壳相连，它分泌的蛋白质和矿物质一起形成了壳。首先形成的是一层非钙化层——贝壳素，由蛋白质和几丁质组成，这是一层自然产生的聚合物，主要起加固的作用。接着形成的是高度钙质化的棱柱层，最后形成珍珠质层，即珍珠层。这个过程与铺设钢筋（蛋白质）并在上面灌注混凝土（矿物质）有点类似。



在陆地上生活的动物，比如人类，其骨骼会随着身体一起生长，但是蜗牛和蛤蜊则不是，它们必须在外壳的边缘增加新物质，来逐渐扩展外壳。举个例子，蜗牛壳上最新的部分位于开口的周围，也就是它们探出身体的那个部位，外套膜的外部边缘就在这个开口处不断地扩展新壳。

◎译者：丁莉



同一种鱼为什么会分布在相隔遥远的不同湖泊之中？

解答专家

梅甘·麦克菲（Megan McPhee）

美国蒙大拿大学弗拉特黑德湖生物站助理研究教授

同一种鱼，为何会分布在相隔很遥远的不同湖泊中？对于这一现象，通常有两种解释。



第一种解释被研究生物分布状况的生物地理学家称为“替代分布”。某一物种最初分布于一块较大且绵延的区域。经过较长时间后，各种地理、生物和气候事件导致该物种在该地区某些分散的地方逐渐灭绝，留下了如今相互隔绝的种群。例如，在上新世后期和更新世时期（距今约200万年～50万年间），北美西部地区的空气相当潮湿，许多盆地都分布着巨大的湖泊。随着这一地区的气候日益干旱，大型湖泊逐渐干涸，变成一些相互隔离的小型湖泊——同一种鱼就这样被相互隔开。

第二种解释则建立在个体离开种群向外扩散和迁徙的基础上。有时候，某些个体会迁移至其种群成员从未到达过的地区。就鱼类而言，大多数的鱼类都需要通过雌雄两性繁殖后代。所以至少必须有一条雄鱼和一条雌鱼同时迁移。在漫漫历史长河中，这种小概率事件总有机会发生，最终导致鱼群出现在新的湖泊中。

经过较长时间，在河流上游源头，支流的侵蚀作用会使两条河流穿越其间的分水岭汇合在一起，这也促使了种群的扩散。这一过程不仅是江河鱼类迁移的主要原因，而且对于要在河流中度过部分生命周期的湖泊鱼类来说，该过程也可能导致这些鱼类在盆地之间迁移。

人类也是造成鱼类远距离迁移的原因。很多时候，人们会有目的地让某些鱼类移居到特定的地区。19世纪末，美国鱼类委员会曾致力于将鲤鱼作为一种食用鱼，引入美国西部地区水域。目前在该地区的湖泊和水库中都能看到鲤鱼。当人们将鱼缸中的观赏鱼或钓饵桶中的钓饵放入野生环境时，一些未经许可甚至意外的迁移就会发生。我们都知道非原产鱼（包括鲤鱼在内）常常会与原产鱼争夺食物或捕食原产鱼，因此，非原产鱼目前基本上是禁止引入的。

◎译者：詹浩

鱼是怎么洄游到出生时的那条溪流产卵的？

解答专家

梅甘·麦克菲（Megan McPhee）
美国蒙大拿大学弗拉特黑德湖生物站研究助理教授

对于鱼洄游到出生地进行产卵的这种习性，鲑鱼提供了最好的例证：它们利用习惯的水流方向和敏锐的嗅觉导航，洄游到出生地。鲑鱼迁移到海洋中觅食生长，好几年后才开始洄游，返回到同一条溪流，有时甚至是这条溪流中它们出生的同一段水域产卵。其他一些有返回能力的物种，其返回方式可能与此类似，但是能够像鲑鱼那样精确返回的物种却很少。



我们并未彻底了解鲑鱼如何洄游到它们出生河流入海口所在的海岸区域。看起来，它们似乎使用了某种形式的“地图和罗盘”导航技术，这种技术的基础是与洄游位置和方向有关的信息。这种信息多半源于一整

套环境线索，包括白昼长短、太阳的位置和光的偏振（与光在天空中的传播方向相关）、地球的磁场，以及水的含盐量和温度梯度等。无论机理具体是什么，随着产卵时间的临近，鲑鱼似乎都拥有一种本能，驱使它们朝着出生河流入海口所在的海岸线区域洄游。

我们对鲑鱼在找到河流入海口之后如何导航洄游的细节有更多的了解。当鲑鱼游到内河淡水中时，它们主要依靠嗅觉到达正确的支流。20世纪50年代开始的一系列实验证明，年轻的鲑鱼在其两岁时（这时它们开始顺着河流向海洋迁移），开始对幼年时期栖息地的独特化学气味特别敏感。在这一敏感度增强的时期，它们将经历的气味存储在大脑中。数年后，当成年鲑鱼试图洄游到出生地溪流时，这些气味就成为了搜寻方向的重要线索。

在一个早期实验中，科学家在一条溪流中养大鲑鱼，然后在它们两岁时迁移到一个孵卵场中，这些鲑鱼最后又洄游到这个孵卵场。这个实验证明，在鲑鱼的生命周期中，成长期起着关键性的印记*作用。更多新的研究工作表明，年轻鲑鱼可能有若干个印记时期，其中包括孵卵期和离开砂砾鱼穴的时期。

这种多阶段印记时期的观点是有道理的，因为许多野生鲑鱼在内河淡水中都会生活一年以上，并且在它们两岁时已经游过相当长的距离，经受了复杂外界环境的考验。相比之下，孵卵场的鲑鱼仅将一个较简单的环境作为印记的对象，这可能有助于解释，为什么与野生鲑鱼相比，它们迷路（洄游到“错误的”溪流）的概率更高。

◎译者：詹浩

电鳗是怎么生电的，它为什么不遭电击？

解答专家

安杰尔·卡普蒂（Angel Caputi）
乌拉圭克莱门特·埃斯塔夫莱生物研究所资深科学家、整合神经科学与计算神经科学系主任

电鳗的发电器官内分布着盘状的生电细胞。通过高度专化的神经系统与生电细胞同步活动，电鳗可以产生强大的电流。神经系统利用指令细胞核，通知发电器官开始工作，神经复合阵列便立即激活数以千计的细胞。

生电细胞外部携带的负电荷要比其内部略低100微伏。当指令信号到达后，神经终端会释放一小股神经递质——乙酰胆碱。乙酰胆碱释放时产生低电阻瞬变通路，将细胞一侧内外连通。因此，每个细胞都像一块电池，激活端携带负电荷，另一端携带正电荷。



细胞像放入手电筒的一组电池，以相同的方向排列在发电器官内部。一个激活的细胞产生电流，“电击”所有未激活的相邻细胞进入激活状态，并且仅用2毫秒左右的时间，就能激活细胞级联反应，带动生电过程。如果电鳗生活在空气中，那么它以这种方式产生的电流可高达1安培，整条鱼就相当于一个500伏特的电池。可是，水提供了额外的输出端，减弱了电流。

为什么电鳗能够电击其他动物而自身却不会遭电击呢？这可能是由于电击的严重程度与在任何指定身体区域内通过的电流大小及通电时间

长短有关。电鳗的身体大小与成年人手臂大体相当。如果我们要使手臂肌肉痉挛，必须令200毫安的电流持续通过手臂达50毫秒。相比之下，电鳗所产生的时长2毫秒的电流能量要低得多。况且，电鳗产生的电流大部分通过它的皮肤导入水中。对于更小猎物来说，进入它们身体的电流相对就要强得多。例如，长度为电鳗十分之一的猎物，其体积大约是电鳗的千分之一。因此，在放电的电鳗附近的小动物会遭到电击，而电鳗却不会。

◎译者：田代贵

海洋哺乳动物为什么不会冻死？

解答专家

安·帕布斯特（D. Ann Pabst）
美国北卡罗来纳大学威尔明顿分校海洋动物学家

在寒冷的水中，海洋哺乳动物主要通过两类反应，即行为反应和生理反应，来保持核心体温。一种典型的行为反应就是迁徙——冬天，怀孕的露脊鲸会从加拿大和美国新英格兰地区沿岸水域迁徙到佐治亚州和佛罗里达州沿岸较温暖的水域产仔。而另一方面，大多数哺乳动物所拥有的庞大体型则是生理适应性反应，这意味着身体表面积与体积之比相对较低。（随着三维物体的增大，物体体积的增长率大于表面积的增长率。）由于皮肤是与外界环境交换热量的场所，因而与庞大的发热身体组织相比，大型哺乳动物拥有的皮肤面积相对较小，这样能更有效地保存身体热量。

海洋哺乳动物的身上还长有毛或海兽脂，或者两者兼有，因此拥有杰出的隔热能力。在所有已知的哺乳动物中，海獭的毛最浓密：据统计，它们每平方厘米表皮拥有13万根毛。处于干燥状态的毛隔热效果最好，因为它们能在皮肤表面截留一层空气，而空气是一种很好的绝热体。相比之下，水则是一种高效热传导体，在相同的温度下，水从体内带走热量的速度比空气快25倍。海獭身上的毛非常密实，甚至当它潜入水中时，也能在皮肤表面截留一层空气。

一直生活在水里或大多数时间在水中活动的哺乳动物更依赖海兽脂。这是一种特别的皮肤层，除了脂肪外，还含有胶原蛋白和弹性蛋白，它的隔热保暖和能量储存能力比人类脂肪大得多。动物身上的海兽脂数量各不相同。新生鼠海豚堆积的海兽脂最多，约占身体总质量的43%。

在某些情况下，营养不良或健康状况较差的海洋哺乳动物难以在数量和质量上维持正常的海兽脂供应，因而有可能在极端温度环境下死亡。或者，当它们被带到自然栖息地以外的地方，它们就可能在不适宜

它们生存的环境中死亡。

海洋哺乳动物皮肤和其他哺乳动物皮肤一样，受温度传感神经细胞支配。这些特殊动物肯定拥有感知温度的能力，且对温度刺激响应明显，但它们对传递来的这种刺激感受如何——例如，它们是否感到不适——却是一个难以回答的问题。

◎译者：詹浩



阿拉斯加州海獭

鲸为什么会搁浅自杀？

解答专家

达琳·凯滕（Darlene Ketten）
美国伍兹霍尔海洋研究所神经行为学家

对鲸的自杀式搁浅，我经常用撞车来打比方：引发撞车的原因各种各样，但最终结果总是相同的。在所有的鲸自杀式搁浅事件中，我们只能确定一半的自杀原因。有时原因显而易见，例如轮船的撞击会给鲸带来特别严重的骨折和很深的伤口。在美国东北部地区，风暴过后，鲸往往会感染肺炎并受到外伤，这是该地区鲸自杀式搁浅的普遍原因。而鲨鱼的袭击乃至同类的攻击也会使鲸受外伤。人类产生的污染物和天然毒素，例如来自海藻的神经毒素，也与大量的鲸自杀式搁浅事件有关。磁场异常和地震海啸也被认为会导致鲸自杀式搁浅。

一些最引人关注的鲸自杀式搁浅事件，是由疾病和先天性缺陷引起的。科学家发现，鲸体内的寄生虫和病理学疾病比家畜或人类要严重得多。令人吃惊的是，个别鲸竟能在患病情况下存活很长时间。

军用声呐与一些喙鲸搁浅事件有明显关系，但并无证据表明所有的鲸都受到声呐的影响。有趣的是，似乎只有喙鲸受到声呐的影响，而且这种情况只发生在少数地区——这至少为解决该问题带来了希望。



在南非开普敦附近海滩上搁浅的鲸

有些搁浅事件并无单一且明确的答案。科学家们目前正用人类医学中普遍使用的诊断技术，例如计算机断层扫描和磁共振成像扫描以及分子研究，来增进对鲸自杀式搁浅原因的了解。

人类对鲸搁浅事件的认识，可追溯到古希腊亚里士多德时代，这就意味着大多数鲸搁浅事件都是一种自然现象。这样一来就产生了一个问题：如果你坚持要将一头搁浅的鲸送回大海，那么这样做是否会危害鲸群？如果这头鲸有病，我们要怎么做才对鲸群最有利？我并不是提倡在能够救助的情况下放弃对搁浅鲸的救助，但这确实是一个需要认真思考

的重要问题。

如果某项人类活动导致了鲸搁浅，我们就必须对该活动进行研究。这将有助于我们对污染物、海运航线以及噪声等问题作出决策。我们是否正在以某种方式，促使一些濒危种群（例如剩余数量不足400头的北露脊鲸）的数量不断减少呢？在研究过程中，我们肯定会获得更多的鲸搁浅报告，人们正在调查某些地区是否真的有更多的鲸搁浅，还是只出现了更多的报告。

有时，无论搁浅原因是什么，现实却只有一种选择：对这些搁浅的动物实施安乐死——正如2009年5月在南非开普敦附近的海滩上所做的那样，当时这些被冲到岸上的伪虎鲸拒绝返回大海。想象一下在冬天努力让这些动物回到海水中的情景吧。虽然它们体形庞大，但在某些情况下它们却非常脆弱。比如，在搬动它们时你不小心让沙子或水进入到它们的鼻孔，其效果就像往你的鼻子里喷水一样。如果你让鲸回到海水中，但它们又很虚弱地再三游回岸上，这时你就必须判断，它是否能存活下来，还是会病得更严重。如果它最终不能够存活，我们只好请兽医以人道主义的方式结束它的生命。

◎译者：詹浩

注释

*印记：在动物生命早期就起作用的一种学习机能，是一种快速的被动记录。

4　生活处处有玄机



◎面包为什么会变硬

◎烟花中发生了哪些物理和化学变化

◎冬天为什么要往冰面上撒盐

◎麦克风靠近扬声器为什么会“尖叫”

……

面包为什么会变硬？

解答专家

詹姆斯·比米勒（James BeMiller）
美国珀杜大学食品科学荣誉退休教授

面包变硬的过程至今尚未得到完整的解释。尽管淀粉聚合物分子的结晶作用已得到普遍认可，但这并不是唯一原因。一旦离开烤箱开始逐渐冷却，面包便马上开始变硬，其变硬速度取决于它的组成成分、烘烤方式和储存条件。

面包是由淀粉分子和面筋（一种小麦面粉蛋白）分子组成的一种海绵样网状物，其中充满了发酵时由酵母产生的二氧化碳气体。

随着时间的推移，这些淀粉分子往往会结晶（淀粉晶体不同于糖或盐的晶体，它是淀粉聚合物大分子在小区域内形成的微晶）。水对于这些微晶的形成是必不可少的，淀粉会从面筋中吸收所需要的水分子。面筋失水之后就会从橡胶状变成一种坚硬的状态（也就是所谓的玻璃态），面包也随之变硬。但如果加热变硬的面包，会使它由硬变软。这时，面包又会重新变得松软可口。

◎译者：詹浩



盐和糖为什么能防止微生物引发的食物腐坏？

解答专家

米基·帕里什（Mickey Parish）
美国马里兰大学营养学与食品科学系教授

盐（通常指氯化钠）和糖（通常指蔗糖）可以通过多种方式干扰微生物生长，防止食物腐烂。

最明显的方式是通过简单的渗透作用，使微生物脱水。盐或糖，不管处于固态还是溶解状态，接触食物后，总试图与食物中所含的盐或糖的浓度达到平衡。这个作用会把食物内部可利用的水分吸出来，使盐分子或糖分子进入食物内部，从而导致食物的水分活度下降。水分活度是食物中微生物生存和繁殖所必需的自由水分子的衡量标准。大多数新鲜食物的水分活度是0.99，而当水分活度达到大约0.91时，大多数细菌将停止生长。酵母菌和霉菌通常可以在更低的水分活度下存活。



盐或糖所引起的水分减少对不同微生物造成的影响大相径庭。绝大多数致病细菌不能在水分活度低于0.94（相当于10%的氯化钠溶液浓度）的环境中生长，然而大多数使食物发霉的霉菌可以在水分活度低至0.80（相当于高浓度的盐或糖溶液）的环境里生长。

除了让食物脱水外，盐和糖还能降低微生物的酶活力，使它们的脱氧核糖核酸（DNA）分子结构变得脆弱。另外，糖还能够提供一种间接的保存形式，让另外一些有机物增加，加速抗菌化合物的聚集。例如，酿酒时，通过酵母菌发酵，使糖转化为酒精；制作泡菜时，乳酸菌将糖转化成了有机酸。

向食物中添加盐和糖的方法古已有之且名目繁多，比如糖腌、盐渍和盐腌等。（西餐中的“咸牛肉”，就是用大块岩盐腌制而成。）

盐或糖的固态晶体，以及盐或糖与水的混合溶液，都可以用来腌制食物。例如，盐水就是可用于腌制的盐溶液。用盐或糖腌制的食物有很多，比如熏猪肉、咸猪肉、糖腌火腿、水果蜜饯，还有果酱和果冻。食

物腌制的方法多种多样，还可以采用一些辅助保存方法，比如烟熏、添加香料等。这些方法不仅能防止食物腐坏，还能抑制或阻止食源性病原体——比如沙门菌或肉毒梭菌的生长。

◎译者：波特

有机牛奶的存放时间为什么比普通牛奶长？

解答专家

克雷格·鲍姆鲁克尔（Craig Baumrucker）
美国宾夕法尼亚州立大学动物营养与生理学教授

实际上，牛奶在存放时间上的差异与是不是有机牛奶几乎没有一点关系。有机牛奶与普通牛奶的不同，主要在于奶牛的饲养方式、饲料和牛奶处理过程上的区别。出产有机牛奶的奶牛在天然牧场中放养，吃天然牧草长大。在后期加工中，有机牛奶里也不加入防腐剂、抗生素等物质。为了给有机牛奶防腐，生产厂家采用特别的处理方法，使它们的存放时间通常较长，可达一个月之久；相比之下，普通牛奶存放时间仅为一周左右。据美国东北地区有机牛奶生产厂商联盟介绍，有机牛奶必须在更长时间内保持新鲜，因为这种牛奶的生产厂家较少，将其送上货架通常需要更长距离的运输。



令有机牛奶拥有更长保质期的加工处理工艺，被称为超高温（UHT）加工处理工艺。这种工艺将牛奶加热到138℃，持续约2秒钟～4秒钟。

标准防腐处理工艺被称为巴氏消毒法。巴氏消毒法分为两种：一种为“低温长时”法，这种方法一般将牛奶加热到63℃，至少持续30分钟；另一种则是使用更为普遍的“高温短时”法，该方法将牛奶加热到大约

70℃，至少持续15秒钟。

加热温度的不同说明了经UHT处理过的牛奶能存放较长时间的原因：巴氏消毒法并未杀死牛奶中的所有细菌，它仅仅保证人们喝了牛奶不会肚子疼；而UHT会杀死所有的细菌。

一般情况下，经巴氏消毒的牛奶在被运到商店后，零售商还会留出4天～6天的保质期。然而在牛奶交货前，则有多达6天的处理和装运过程，因此在巴氏消毒之后，牛奶的总存放时间通常为两个星期。如果包装得当，经过UHT处理过的牛奶完全不用放进冰箱冷藏，在室温条件下就能密封保存6个月之久。

像有机牛奶一样，普通牛奶也能进行UHT处理。比如，在欧洲很多普通牛奶都是经过UHT工艺处理的。那么为何不对所有的牛奶都采用这种方式加以处理呢？

一个原因是，UHT工艺会破坏牛奶的一些维生素成分（虽然不会破坏太多），还会使一些蛋白质受到影响，处理过的牛奶也不能用来做奶酪。更重要的是，经过UHT处理过的牛奶，味道会发生改变。UHT工艺会燃烧或加热牛奶中的一些糖，使它们变成焦糖，从而改变了牛奶的风味，使牛奶变甜。

◎译者：詹浩

食品辐照的工作原理是什么，它安全吗？

解答专家

萨姆·贝蒂（Sam Beattie）
美国艾奥瓦州立大学食品科学教授

食品辐照处理就是让食品经受一定剂量的电离辐射，以破坏致病细菌的脱氧核糖核酸（DNA）或蛋白质，从而保障食品安全。

其实，只要你破坏了物质的化学键就必然会引发一些化学变化，关键在于这些变化是否会使食品中出现有毒物质。从这个角度讲，食品辐照似乎是安全的。辐照过程肯定会产生一些特殊的副产物，但并没有任何证据表明经过辐照的食品中，这些副产物的含量达到了致病水平。在辐照食品中，有一种由脂肪酸衍生的副产物名为2-烷基环丁酮，人们担心它有可能使细胞发生突变从而导致癌症，但最新研究表明，这种担心是多余的。



辐照源主要有两种：放射性元素（例如钴60）和电子束。钴60是一种同位素，即钴的放射性示踪元素，能发射γ射线；电子束则是一种基于电子的辐射源。钴60的辐射剂量率较低，因而辐射时间较长，要花好几分钟。电子束强度更大，具有较高的辐射剂量率，只要几秒钟就能起作用。目前我们正在进行X射线实验，准备将它作为一种新型辐射源使用。

在美国，食品辐照的使用不像在其他一些国家那样普遍——在那些国家，食品安全领域的重要问题是防止食品腐败。在新鲜农产品中，美国食品和药物管理局只准许对散叶菠菜和卷心莴苣进行辐照处理，以避免人们食用它们而患病。不过，对于除此以外的食品，出于食品管理方面的需要，辐照处理也被准许用于多种食品。例如在进口农产品时，辐照可以消灭害虫，控制蔬菜发芽及成熟的进程。对肉类食品进行辐照处理时，使用的是被许可的巴氏消毒法，它可用于杀灭大肠杆菌或沙门菌

这样的微生物。

但是，辐照并不是一种“包治百病”的处理方法。工作人员会适当调整辐照剂量和辐照持续时间，以对抗某种特定食品中最危险和最容易发现的病原体。例如在用巴氏消毒法处理肉类食品的过程中，辐照的主要目的是杀灭大肠杆菌而非肉毒梭菌芽胞（肉毒梭菌芽胞会产生毒素导致肉毒中毒），因为大肠杆菌更有可能存在于肉类食品中并引发肉类中毒。辐照对抗病毒的能力也要差一些，不过病毒一般出现于食品供应过程中而非食品加工过程中——在食品供应过程中，个人卫生才是尤为重要的。

虽然在许多情况下辐照都是有效的，但它也不能避免类似2009年花生酱受到沙门菌污染这类事件的发生。一些高脂食品并不适合进行辐照处理，因为脂肪一旦分解便会产生异味。自从2001年和2004年沙门菌疫情暴发之后，美国农业部就规定必须对加利福尼亚扁桃仁进行巴氏消毒或化学处理。对于花生美国农业部也可能出台类似的规定，即必须使用一种加热方法——干热烘烤或热油浸泡——对花生进行处理。

◎译者：詹浩

烟花中发生了哪些物理和化学变化？

解答专家

保罗·尼古拉斯·沃塞（Paul Nicholas Worsey）
美国密苏里大学罗拉分校采矿工程学教授，讲授一门关于焰火制造的课程

烟花，或者说烟火，含有易燃成分。高空礼花弹是最常见的一种烟花，由礼花弹发射炮筒发射。它分为四个部分：升举弹药、延时导火索、爆破弹药和光效发生器。

升举弹药是一种化合物，可以急速燃烧，产生巨大的推力，将礼花弹射出炮管。升举弹药的另一个作用是点燃延时导火索。在礼花弹升到适当高度时，延时导火索会触发爆破弹药。爆破弹药发生爆炸，散射出礼花弹里火红的物质。礼花弹包含了无数烟火小弹丸，用来产生光亮。这些小弹丸由不同成分的物质层层包裹而成，从外层向内层燃烧，使其产生颜色变化。



燃放时烟花的颜色和亮度，与烟火混合剂中的金属成分和燃烧温度有关。当特定的金属被加热时，电子会在原子的电子壳层（能级）之间跃迁。当电子落回较低的能级时，就会释放一个光子，光子的波长决定了光的颜色。最容易产生的颜色是红色、绿色、黄色和白色（它们分别由锶、钡、钠和钛金属产生）。蓝色较难产生，因为反应温度必须要刚好合适才能出现蓝色。而烟花中的闪光则来自于燃烧速度较慢的混合剂。烟花的造型效果，例如环形、心形以及笑脸形，则需要通过小弹丸精准地布置在礼花弹的内部来实现。

所有的烟火混合剂都含有燃料和氧化剂。这些混合剂通常由金属硝酸盐和碳基燃料构成。当固体的混合剂被引燃，它们就会转变成气体，并释放出大量的热量——为了产生耀眼的光芒，温度要超过2,000℃。烟花的反应速率由多种因素控制，其中包括礼花弹的成分和其他一些物理特征，例如弹丸颗粒的大小（越小意味着反应速度越快），含有助燃

剂（例如硫和糖）或阻燃剂（例如盐），高压或密封（可以加快反应速率），较低的装填密度（可以降低反应速率），以及水分含量等等。

◎译者：虞骏

冬天为什么要往冰面上撒盐？

解答专家

约翰·马格雷夫（John Margrave）
美国赖斯大学化学教授

简言之，盐可以使冰融化。

实际上，所有冰覆盖的地方都有一些小水坑。盐撒在这些地方会溶解在水中。液态水的介电常数高，能使盐离子（带正电荷的钠离子和带负电荷的氯离子）解离。反过来，这些离子又发生水合作用，即它们能与水分子结合。这一结合过程放出的热量，可以融化冰面的一小部分。因此，大面积地往冰面上大量撒盐，可以使冰融化。而且汽车开过时产生的压力可以把盐挤入冰层，从而产生更多水合作用。

大部分在冬季使用的岩盐和我们日常生活中的食盐是相同的物质。两者唯一的差别在于岩盐晶体更大，而被研磨过的食盐颗粒则差不多一样大。氯化钙源自海水或其他天然物质。和氯化钠一样，它也常被用来融化大街上的冰。

◎译者：田代贵



水温远低于沸点的洗澡水为什么会冒出蒸汽？

解答专家

赫尔曼·默特（Herman Merte）
美国密歇根大学安阿伯校区机械工程学荣誉退休教授

人们通常将浮现在热洗澡水上方的东西称为“蒸汽”。但实际上，它们是一些微小液滴，由水面上方的空气和水的气态混合物凝结而成。水蒸气本身是一种不可见的气体，它产生于水分子从液态水中逃逸出来的过程，即蒸发过程。蒸发比沸腾缓慢，但如果给水加热（水分子能量增加），这一过程就会加速。

不可见的水蒸气能否凝结成可见的雾气，与周围环境温度和空气中水蒸气的数量有关。与冷空气相比，在达到可发生凝结的饱和状态前，热空气能保有较多的水蒸气。这种性质就能够解释，为什么洗澡水或茶水，在寒冷的冬天早上冒出的可见蒸汽比在炎热的夏天午后要更多一些。

◎译者：詹浩



在管弦乐队响亮的伴奏声中，歌剧演员是怎么让人们清楚地听见自己歌声的？

解答专家

约翰·史密斯（John R. Smith）
澳大利亚新南威尔士大学物理学家

在管弦乐队伴奏声较弱、听众的耳朵最敏感的音频区，歌剧演员会尽可能大地发出自己的声音。

在演讲和演唱时，我们都是通过振动声带（又称声壁，即我们喉腔中的小黏膜皮片）来产生持续的元音，即让声带周期性地阻断来自肺部的气流。声带以一种基本频率（简称基频）振动，它决定着音高。通常，演讲中的音高一般在100赫兹～220赫兹之间，而在演唱时，音高一般在50赫兹～1,500赫兹之间。演讲和演唱时的声音还包含一系列泛音，泛音的频率一般是基频的倍数。演唱者，尤其是女高音歌手，会努力调整声腔的共鸣，让它与基频相匹配，从而显著提升发音的声功率。



一般频率在500赫兹左右时管弦乐队的伴奏声最为响亮。随着频率升高，伴奏声的声级快速下降；而人耳对于3,000赫兹～4,000赫兹之间的音频最为敏感。许多歌剧演员都学会了将泛音的频率提升至2,000赫

兹以上，这有助于观众听清楚他们美妙的歌声。

不同于管弦乐队乐师，歌剧演员会更多地使用颤音——一种缓慢的、周期性的音高变化。在听觉系统内的声音信号处理过程中，这种颤抖效果能够使歌剧演员的歌声明显不同于管弦乐队的伴奏声，从而更易于分辨。

◎译者：詹浩

手机在靠近电脑时为什么会发出啸声？

解答专家

戴维·格里尔（David Grier）
美国纽约大学物理系主任

这可能是一种电磁干扰现象，即一个装置发出的无线电波导致另一个装置性能不良。实际上，每一台电气设备，无论它本身的用途是什么，都相当于一个无线电发射装置：不断变化的电流通过这些装置时必定会辐射电磁波。当人们在实际工作中需要利用电能时，电磁辐射就会不可避免地产生，正如传统机械装置运行时一定会发出“叮当咔嗒”的噪声。电脑之所以特别“吵人”，是因为它们的计算要靠迅速变化的电流充当时钟信号去协调。



手机发出啸声的一种合理解释是，你的电脑无意中发射的无线电波，其频率在手机通信的专用频率范围内，也就是在800兆赫（1兆赫为每秒震荡一百万次）左右。如果你的电脑发出的信号足够强，那么你的手机可能会将这种信号误认为是另一部手机发送的信号——尽管这是一种破译不出的信号。

另一种可能要涉及这两种装置之间更深层次的联系。正如变化的电流能够产生无线电波，无线电波也会诱使导电材料产生感应电流——这就是收音机能够通过金属天线接收由广播电台发送的信号的原因。驱动

手机扬声器的放大器会受到电脑发射的无线电波的影响而产生感应电流，发出杂乱的吱吱声和啸声。1975年，计算机先驱人物史蒂夫·东皮耶（Steve Dompier）巧妙地运用这一效应得到了和谐悦耳的音乐：他为自己的电脑——一台MITS Altair 8800编写了一套程序，这样电脑产生的电磁干扰就可以让附近的一台调幅（AM）收音机播放出甲壳虫乐队的歌曲——《山丘上的傻瓜》（The Fool on the Hill）。

我们无法阻止电动装置产生无线电波，但是屏蔽掉这些无用的无线电波，就能抑制电磁干扰。大多数电子装置都装在盒子里面，这些盒子要么是金属材质的，要么表面覆盖了一层导电涂层。它们能限制住这些电磁波，但是盒子上的孔洞和涂层中较薄的地方却让一些电磁波泄漏了出去。通常这种泄漏量非常小，只有当物体非常接近发射电磁波的装置时才会受到影响。正因如此，你的手机在非常靠近电脑时会发出啸声。

◎译者：詹浩

麦克风靠近扬声器为什么会“尖叫”？

解答专家

罗伯特·克拉克（Robert L. Clark）
美国杜克大学普拉特工程学院教授

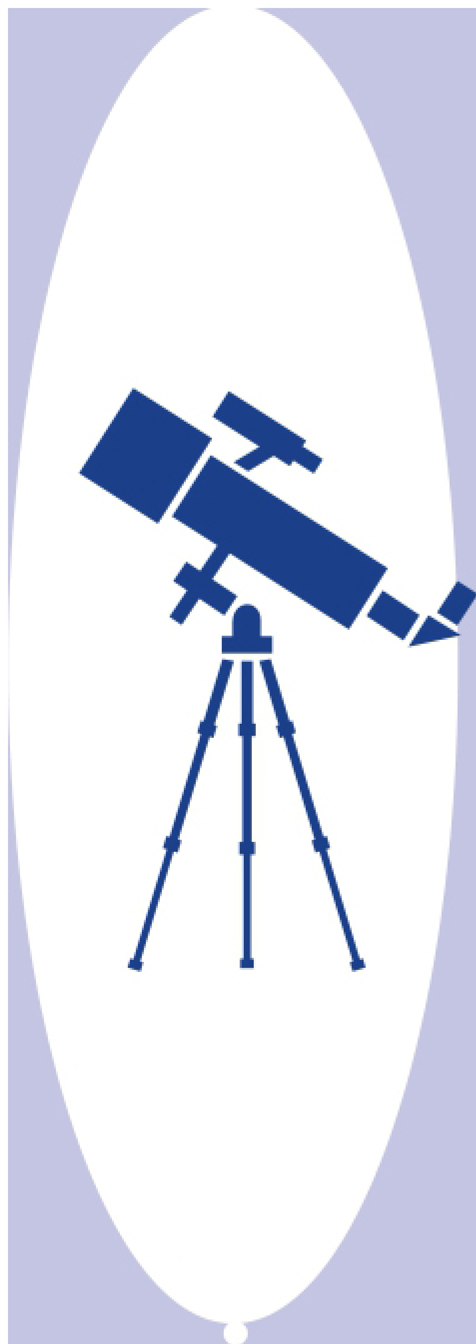
相信你也有过这样的经历：手拿麦克风走近扬声器，扬声器就会响起刺耳的声音，搅得满屋子的人都捂住耳朵。这种令人不快的声音被称为声反馈，可由多种因素引起。当输入端（麦克风）和输出端（扬声器）之间形成一个闭合的“回路”时，就会产生声反馈现象。扬声器发出的声音传到麦克风里，再通过扬声器放大后发出来。如此循环往复，扬声器发出的声音就会越来越大，直至声音不能再被放大，达到饱和状态。输出与输入的比值称为增益，用来表示放大倍数。在特定频率下会出现过量的增益，原因是多方面的，包括麦克风与扬声器之间的距离、麦克风与扬声器的方向设计、声环境中反射面（通常是指房间设计的声学结构）的影响，以及其他麦克风与扩音器的影响等等。为了降低增益，可以利用均衡器来调节信号的放大状况。



将麦克风与普通木吉他搭配使用时，如果扬声器发出的声音传到吉他，扬声器就使输入端与输出端之间形成了回路。在这种情况下，吉他就会开始以特定频率（通常在100赫兹～200赫兹之间）过度振动，房间本身也会产生共振，发出明显可以听到的声音。相似的机制也会出现在电吉他上：声反馈会引起结构振动，从而放大了吉他内置拾音器（电吉他上用来收音的设备）发出的信号，造成声反馈不稳定。

◎译者：冉隆华

5　探寻天地间的秘密



◎什么是暗物质，它对宇宙有什么影响
◎如果星系正在加速远离，它们为什么还会发生碰撞
◎既然地表有太多臭氧，大气中为什么还会出现臭氧空洞
◎彩虹为什么不是笔直的，而且看起来能够触及地面
……

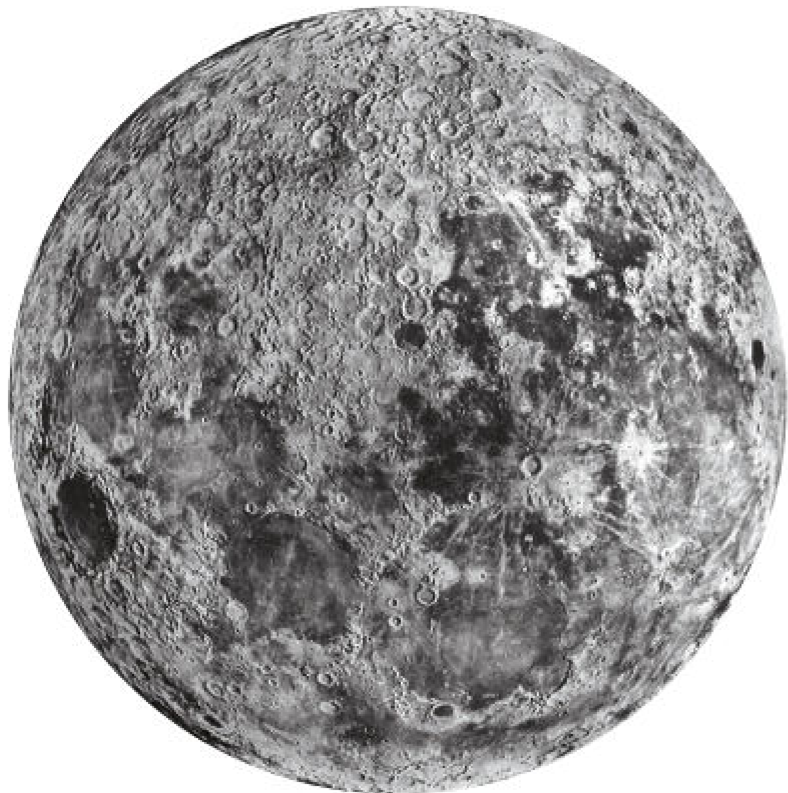
如果月球质量仅为现在的一半，地球将会怎样？

解答专家

尼尔·科明斯（Neil F. Comins）
美国缅因大学物理学和天文学教授，《如果没了月亮，地球会怎样》（*What If the Moon Didn't Exist? : Voyages to Earths That Might Have Been*）一书的作者

起初，质量较小的月球会更靠近地球。因为使月球绕行地球轨道半径慢慢变大的潮汐力将变小。这种情况将对地球及地球上的生物产生重大影响。

在真实情况下，月球绕行轨道到地球的平均距离约为38.4万千米（23.86万英里），这一距离每年都要增加大约4厘米（约1.6英寸）。原因何在？海洋潮汐使然。月球的引力加上地球和月球围绕共同质心的旋转，迫使地球表面的海水变成椭球状，在同一时刻出现两个海水高潮。其中一个海水高潮在地球面向月球的一侧出现；另一个在背向月球的一侧出现。与月球绕地公转的速度相比，地球自转速度要快得多，这使得靠近月球一侧涨起的潮水还未落下就被地球自转带着，稍稍超前于月球。这些前方海水的引力作用不断将能量传递给紧随其后的月球，使月球每绕地运行一圈，轨道都螺旋式地向外扩展一点。



如果月球只有现有质量的一半，那么潮汐便会相应变得小一些，令月球轨道扩张的能量也会少一些。尽管推开一个只有一半质量的月球所需的能量较少，但潮汐提供的能量却可能变得更加微弱，还是会令月球比现在更接近地球。

地球的自转不断将能量给予月球，这使得地球的自转速度渐渐变慢——换言之，地球上的一天正不断变长。地质学家认为，最初一个地球日大约是五六个小时。如果月球质量更小一些，对地球产生的拉力也就更小一些，那么地球的自转速度就不会变得那么慢，一个地球日或许只有15个小时。

在过去几十亿年里，较弱的潮汐可能也不会如此猛烈地侵蚀地球的大片陆地。进入海洋的土壤较少，可能会对生命起源产生重大影响：一些被认为是生命种子的有机（碳基）化合物，也许根本不能到达早期海洋的原始汤*中。

假设生命还是会产生，它们恐怕将不得不面对更频繁的冰期和更极端的突然回暖天气，因为质量相对较大的卫星具有稳定行星气候的作

用。火星的两个小卫星合在一起的质量，不到实际月球质量的百万分之一。拥有这样小质量卫星的火星在自转轴上的摆动非常明显，因此承受着比地球更大幅度的气候变化和季节性温度变化。

毫不夸张地说，这样一来，生命的进化前景将会变得暗淡。更小的月球意味着更加微弱的月光，更加微弱的月光意味着更加漆黑的夜晚。在这个变得不同的地球上，无论是何种生命形式，都必须进化出更大、更敏锐的眼睛，以帮助它们在更加微弱的月光下行进、搜寻食物和产卵繁殖。

◎译者：詹浩

太阳是怎么成为太阳系中心的？

解答专家

迈克尔·朱拉（Michael A. Jura）
美国加利福尼亚大学洛杉矶分校天体物理学家

关于太阳系演化的最佳理论模型认为，围绕太阳旋转的尘埃盘是行星形成的场所，因而在此形成的一批天体都围绕着太阳旋转。



按照这一模型，太阳系起源于一块星际云的坍缩和扁平化。最初，这块星际云的直径约为1光年，是太阳直径的1,000万倍。但随着星际云越变越密，越来越冷，它自身的引力也越来越强大。当引力超过了所有能够稳定该系统的作用力时，进一步的剧烈坍缩就发生了。

在坍缩发生之前，原始星际云可能就拥有一定的质量，并且相对某个中心轴轻微且无规则地旋转。太阳的形成“耗费”了星际云的大部分质量，星际云剩余部分继续扁平化，以圆盘状围绕着新诞生的恒星继续旋转。对银河系其他恒星系统的观测结果显示，地球和其他行星很可能来

源于剩余的星际云圆盘，因此它们自然会沿着以太阳为中心的公转轨道运行。

◎译者：詹浩

什么是暗物质，它对宇宙有什么影响？

解答专家

罗伯特·考德威尔（Robert Caldwell）
美国达特茅斯学院宇宙学家

暗物质是为解释一种科学家尚未完全了解的现象而引入的概念。在星系和星系团（靠星系之间的引力结合起来的星系集团）中，引力质量和光度质量（发光物质的质量）并不相匹配。这表明，宇宙中存在不发光的物质，也就是说，它们是不可见的，或者说是“暗”的。

对于恒星这样的天体，通过测量其卫星的速度和轨道半径，我们就能确定它们的引力质量。我们可以利用恒星质量、颜色、光度之间的已知关系，通过观测到的星系颜色和发光强度，得到组成这个星系的恒星总质量，从而得到该星系的光度质量。通过比较星系和星系团的质量和光度，我们发现，它们的引力质量远远超过了它们的光度质量。



因此，实际存在的物质比我们能看见的要多得多。其他一些证据，包括美国国家航空航天局对宇宙微波背景辐射（通过它我们能够窥见早期宇宙的面目）的测量结果，为我们提供了更进一步的信息：暗物质与正常物质的比例为6：1。

暗物质会是什么呢？很多物理学家和天文学家怀疑，它是一种目前还无法探测到的粒子。暗物质候选者的原型类似中微子——一种和电子很相似的粒子，但其质量比电子小得多且不带电荷。然而，中微子的所有已知种类都太轻、太少了，不符合理论上对暗物质的描述。

那么暗物质是如何影响宇宙的？它必定是宇宙中最大结构——星系和星系团——的基本组成部分。暗物质不仅可以解释宇宙中遥远天体的状态，而且在我们自己的星系——银河系中，暗物质肯定也大量存在。人们估计了银河系的组成成分，据此作出预言：我们的太阳系沉浸在一片丰富的暗物质“海洋”中，其密度高达每立方米大约10^5个粒子。此外，由于地球绕着太阳公转，当我们相对暗物质“海洋”顺行或逆行时，还会

经历暗物质的“四季”。

◎译者：王靓

如果星系正在加速远离，它们为什么还会发生碰撞？

解答专家

塔玛拉·戴维斯（Tamara Davis）
宇宙学家、澳大利亚昆士兰大学研究员、丹麦暗宇宙学中心合作伙伴

宇宙的动态变化由一些相互对抗的力所控制，这些力的作用随尺度的不同而变化。因而在某些区域，局部力的作用可能会超过连续域的普遍力。在比星系团更大的尺度上，所有星系其实都在以越来越快的速度相互远离。在距离如此遥远的情况下，两个星系之间的引力很小，根本发挥不了明显的作用，因此这两个星系或多或少都会遵循宇宙膨胀的一般规则。但在一个星系附近的局部区域，情况却与此不同。在那里引力的作用可能会非常明显，天体间的相互作用会更强烈。

一些人认为，暗能量正是引起宇宙加速膨胀的原因，它提供了一种恒定向外的推动力，这种力不会随着宇宙的膨胀而减弱。与这种持续不断的向外的推动力相对抗的，则是来自宇宙中其他物质和能量引力作向内的拉力。早期宇宙比现在要致密得多，当时引力在大尺度和小尺度上都赢得了这场抗争。气体云团冷凝而形成恒星和星系，星系则相互靠拢形成星系团。如果当时存在更多的物质，那么宇宙可能就会再次坍缩，根本没有机会再加速膨胀了。但是随着宇宙体积的增加，物质和能量的密度确实越来越低，因此暗能量逐渐占据了统治地位。平均而言，从大约60亿年前（在地球形成以前大约10亿年）开始，宇宙膨胀速度就一直在加快。



尽管如此，宇宙“交谊舞会”仍会继续。在宇宙开始加速膨胀之前就聚拢在一起的星系，仍有可能发生碰撞。它们聚集在一起形成了宇宙中密度较大的区域，万有引力在这些区域仍处于支配地位。在我们的邻近区域，最大的仙女座星系实际上正在向我们靠拢，仅仅数十亿年后，我们就将与它发生首次亲密接触。

我们所在的本星系群包括仙女座星系、大小麦哲伦星云和其他大约35个星系，它们全都属于一个更大的星系团，名为室女超星系团。我们将和这个星系团中所有的星系一起，共同穿越不断膨胀的宇宙。我们最好试着喜欢上这个团队——任何一个以前没有赢得万有引力战争的星系，都已失去了取得胜利的所有机会。目前，宇宙已经被分裂为一些靠相互作用维持的小块区域，它们将各自分离，孤独地穿越不断膨胀的宇宙。

正像一艘轮船上的狂欢者那样，我们本星系群中的星系将继续以无数有趣的方式相互碰撞、相互作用，但是浩瀚宇宙中其他“轮船”上的“狂欢者”将与我们挥手告别，再也不会相见。

◎译者：詹浩

宇宙在往哪里膨胀？

解答专家

亚历山大·卡什林斯基（Alexander Kashlinsky）
美国国家航空航天局戈达德航天中心天体物理学家

20世纪初，阿尔伯特·爱因斯坦（Albert Einstein）创立了广义相对论，用来描述宇宙发展演变的过程。在这一理论体系中，空间与时间融合成连续的统一体，而宇宙则可被描述为一个四维时空网格。从这一观点出发，宇宙膨胀并非是说宇宙在扩展新的版图，而是指时空网格本身在膨胀。



在相对论问世之前，牛顿物理学（认为天体遵循着牛顿定律运行的物理观点）认为空间和时间都是绝对的，在牛顿运动方程里，时间仅仅是一个参数而已。同时，引力被视为具有质量的物体之间的吸引力，而为什么会产生引力却是一个谜。

虽然在许多实际情况中，广义相对论的运动方程都能被简化为牛顿

运动方程，但两者的物理概念却是截然不同的。在广义相对论中，物体借助自身引力赋予了时空网格一些独特的性质。引力使时空连续统一体弯曲，因此广义相对论将引力作用视为时空弯曲的表现形式。在引力的作用下，物体会从不太弯曲的时空“掉进”更为弯曲的时空。

根据爱因斯坦的广义相对论方程，含有物质的时空无法保持静止状态，必须不断膨胀或收缩；星系并非在真正意义上相互远离，而是因为它们身处某一固定的、不断膨胀的时空网格中，才给人相互远离的假象。打个比方，在一个气球表面画上一些小黑点，然后将气球吹胀。小黑点（代表星系）之间的距离将会变大，如果你居住在其中一个小黑点上，你就会认为其他的小黑点正在离你远去。相对于气球表面上的两个坐标（纬度和经度）而言，小黑点仍处在原来的位置上，并未移动，实际上是气球在不断膨胀。

这里所提出的问题，四维空间的广义相对论理论无法回答，因为它意味着时空之外还另有一个坐标。由于时空与物质紧密相连，因此“气球”表面之外是不存在的——这就是我们能了解的所有时空。

◎译者：詹浩

月球对地球的大气层也有潮汐作用吗？

解答专家

拉希德·阿克马耶夫（Rashid Akmaev）
美国科罗拉多大学博尔德分校研究科学家

月球对地球的大气层难道也有潮汐作用吗？答案是肯定的。在不同历史时期，英国物理学家艾萨克·牛顿（Isaac Newton）、法国数学家皮埃尔 - 西蒙·拉普拉斯（Pierre-Simon Laplace）等著名科学家，都曾研究过这个问题。而早在两个世纪以前，拉普拉斯提出的关于海洋运动的理论就预言了大气潮汐的存在。



我们先来看看海洋的潮汐是怎么形成的。在海洋表面最靠近月球的一点，月球的引力最强，把海水吸引了过来。而在地球背面，月球的引力最弱，令海水再次向外鼓起，不过这一次海水是在远离月球。

如果我们把大气层看作一个海洋，那么海底就是地球表面。拉普拉斯的理论预言，每个太阴日**大气压会两次达到极大值，此时头顶上方的大气物质数量最多，这与海洋的潮汐是一致的。海水涨潮时，上面的

大气也在涨潮。

令人吃惊的是，观测表明，虽然太阳的引力不及月球引力的一半，然而太阳造成的每天两次的大气潮汐却比月球强得多。拉普拉斯认为，这么强的太阳潮汐主要是由太阳的热量，而不是由引力造成的。这一假说最终在20世纪60年代被科学家证实。

◎译者：王靓

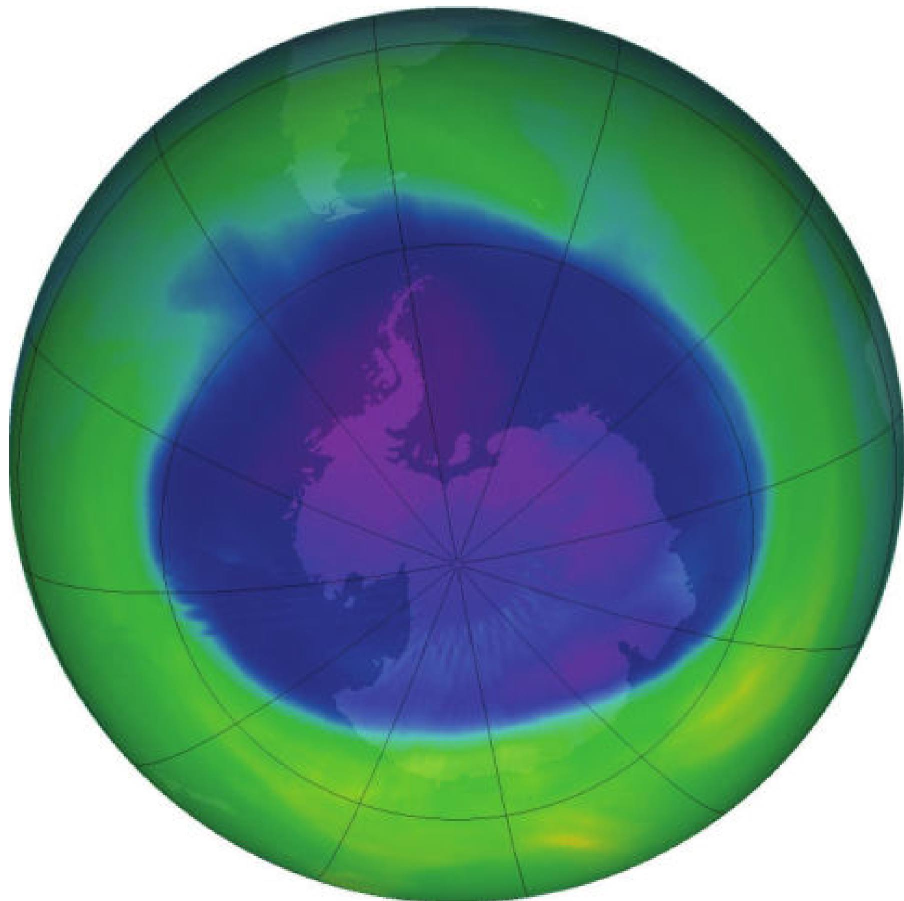
既然地表有太多臭氧，大气中为什么还会出现臭氧空洞？

解答专家

罗斯·萨拉维奇（Ross J. Salawitch）
美国国家航空航天局喷气推进实验室资深研究科学家

大气中臭氧的浓度是否过高是相对而言的——在大气最低层的对流层中高出了危险警戒线的臭氧浓度，在对流层之上的平流层中则可能低于警戒线下限。地面附近的臭氧并不足以填充所谓的臭氧空洞。此外，臭氧量的多少主要由局部的化学过程进行调节，对流层与平流层分界线上有一温度屏障，阻止了臭氧在大气各层间大规模混合。

平流层的臭氧就像一层防护罩，能够遮挡住有害的紫外线辐射。然而，高浓度的对流层臭氧却会影响人们的身体健康，危害农作物和森林。



在整个大气层中，一些自然过程会不断地产生和清除臭氧。在平流层中，来自太阳的紫外线能将氧气分子分解为氧原子，氧原子会与其他氧气分子结合生成臭氧。

一些工业污染物，比如氯氟烃（CFC），之所以能够到达平流层，是因为它们在对流层中不会发生反应。在平流层中，它们最终被分解为氧化氯（ClO）之类的分子，氧化氯会将臭氧转化为氧气分子，从而使平流层中的臭氧浓度降低。

平流层的臭氧浓度一般约为400多布森单位（DU，臭氧浓度的标准单位）。每年春天，在南极洲上空极其寒冷的气候条件会引发一些化学反应，产生高浓度的氧化氯，从而破坏臭氧。在南极臭氧空洞内，臭氧浓度可能会降至85DU。

对流层的臭氧浓度一般约为25DU，但在很大程度上取决于当地的环境状况。对流层中紫外线较弱，因此自然界产生臭氧的效率就低。化

石燃料燃烧和有机燃料燃烧等人类活动，导致一氧化碳、碳氢化合物和氧化氮的浓度升高。这些气体均会参与一系列化学反应，导致对流层中臭氧的生成。

《蒙特利尔议定书》（Montreal Protocol）禁止全球范围内的氯氟烃生产。预计在今后的50年～100年内，平流层中的臭氧浓度将恢复原状。人们正在努力执行排放量控制战略，把对流层的臭氧浓度限制在规定浓度之下。但这些尝试受到了多方面挑战，例如全球性工业化和跨地域的污染物影响——无论是当地还是远处上风区排放的，甚至是其他国家和大陆排放的污染物，都会影响对流层臭氧。

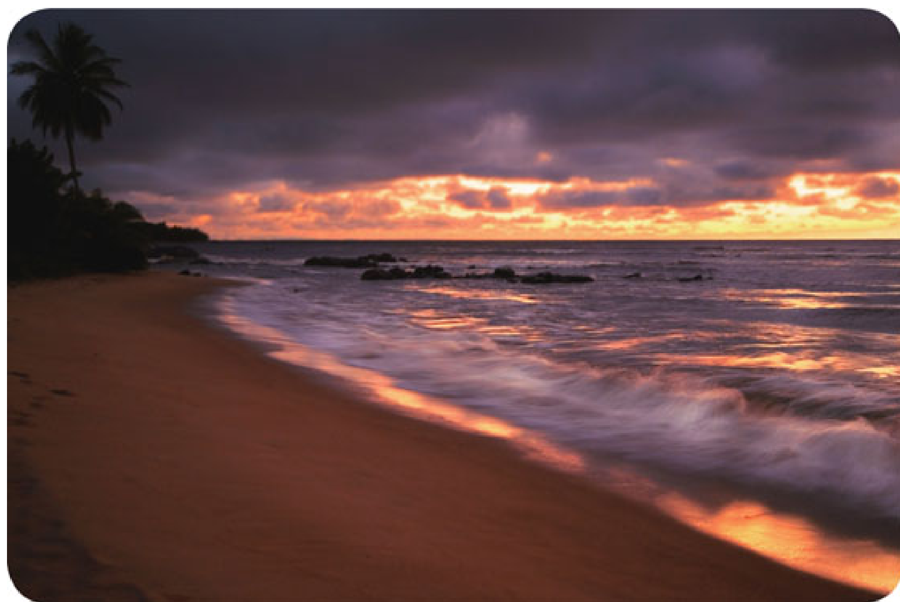
◎译者：詹浩

空气是怎么变潮湿的？

解答专家

杰弗里·霍维斯（Jeffrey Hovis）
美国国家海洋和大气管理局国家气象局查尔斯顿中心科学专员与运营官

湿度用来表示空气中的水分多少。随着蒸发和凝结的循环往复，湿度也在不断变化。地球表面的水，也就是江河湖海中的水以水蒸气的形式蒸发至空气中，空气不断吸收水分，直到饱和。此时，水蒸气凝结成云，并以雨或雪的形式重返地球表面。



电视上的天气预报员经常提到的相对湿度是指空气中水分含量与空气能够承载的水分总量的比值。热空气能承载的水分含量比冷空气多。不考虑温度因素，当空气中的水分含量为它所能承载量的一半时，相对湿度就是50%。天气预报员强调相对湿度的原因是，当高的相对湿度伴随高温来临时，人会感觉不适。因为人体需要依靠汗液蒸发来降温，而当空气已经达到饱和状态时，人体将无法排汗。

气象学家还要测定空气的露点，也就是空气达到饱和状态时的温度。雾天里的冰茶是一个很好的例子，用它可以说明这种效应。上文已提到，热空气比冷空气能承载更多水分。因此，当茶杯周围的空气冷却到露点时，就会使水留在玻璃杯的外表面。而在大气中，空气达到露点时就会形成云。不过空气中的水不是凝结在玻璃杯上，而是凝结在空气中的微尘颗粒上。当降到露点以下的空气足够多，形成的由沙尘和水滴组成的云足够重时，降雨就形成了。

◎译者：田代贵

彩虹为什么不是笔直的，而且看起来能够触及地面？

解答专家

杰夫·瓦尔德斯特赖歇尔（Jeff Waldstreicher）
美国国家海洋和大气管理局国家气象局气象学家

阳光穿过雨滴发生折射，便会形成彩虹。折射是指光从一种介质进入另一种介质时传播方向发生偏转。阳光在水中的传播速度没有在大气中那么快，因此它在碰到雨滴时方向会略微偏转；阳光离开雨滴回到空气中时，再次发生偏转，重新以原来的速度传播。当阳光以合适的角度射入雨滴，会在雨滴中发生折射。折射的光线进入我们的视野，我们就看到了彩虹。



不同颜色的光，波长各不相同。因此在两种介质间传播时，它们的折射角度略有不同。这就是为什么彩虹以连续的彩色光带形式出现，红色在最上面，紫色在最下面。

通常情况下，雨滴呈球形。想象一个连接雨滴中心与太阳的虚拟轴，阳光受到雨滴的影响所产生的光学现象就是沿此轴呈轴对称分布。因而彩虹是以对日点为圆心的圆。所谓对日点，就是从观察者角度看正好与太阳位置相反的点。我们观察不到整个圆，是因为圆的一部分被地球挡住了。太阳离地平线越近，我们看到圆的部分就越多。如果是在日落的时候，我们就能看到彩虹的半个圆，拱形的顶部在地平线以上42度。天空中太阳的位置越高，在地平线以上的可见圆弧就越短。

◎译者：冉隆华

闪电是由宇宙线引起的吗？

解答专家

约瑟夫·德怀尔（Joseph R. Dwyer）
美国佛罗里达理工学院物理学和空间科学教授

尽管一些研究人员提出，闪电是由宇宙线引起的，但是包括我本人在内的其他研究人员却对此表示怀疑。对这个问题的争论至今仍未停止。

在雷暴内部的测量进行了数十年，人们一直未能找到足够强的电场，能自发引起闪电。1992年，莫斯科列别杰夫物理研究所的物理学家亚历克斯·古列维奇（Alex V. Gurevich）及其同事提出了一种闪电成因理论。这种理论认为，由高能宇宙线（源于一些正在爆发的恒星）产生的大规模高能粒子流的运动，可能会触发闪电的大规模能量释放。要让古列维奇的理论成立，必须有大量带电粒子同时通过雷暴，而单靠宇宙线簇射并不能产生足量的高能粒子。因此，古列维奇假设，雷暴通过一种称为“逃逸崩溃”的过程来增加高能粒子的数量，增强宇宙线的高能粒子流。

当宇宙线的粒子撞到大气中的气体分子，释放出高能电子时，逃逸崩溃随即发生。这些释放出来的电子与其他气体分子碰撞，产生更多的逃逸电子、X射线和γ射线，导致一场高能粒子雪崩，撕破云层。根据古列维奇的模型，这种级联簇射就是引发闪电的催化剂。

我们知道，逃逸崩溃确实能对雷暴内部的低能级电场起作用。雷暴会发出大规模的X射线和γ射线暴。通过对此进行观测，我们还了解到，逃逸崩溃有时正好发生在闪电之前。但有人仍然对宇宙线引发闪电的说法表示怀疑（事实上，有些理论涉及了由其他因素引起的逃逸崩溃）。他们认为这种说法的主要问题是，闪电必须形成一条传导通道进行传播。这条温度极高，只有几厘米宽的通道，起着类似金属导线的作用，可以让巨大的电流从中流过。人们至今仍不清楚，由宇宙线诱发的逃逸崩溃所产生的大规模扩散放电，是怎么产生出这样一条狭窄的高温通道

的。

◎译者：詹浩



风是怎么形成的？

解答专家

克里斯·韦斯（Chris Weiss）
美国得克萨斯理工大学大气科学专业助理教授

简单地说，风是空气分子的运动。要理解风的成因，先要弄清两个关键的概念：空气和气压。空气的构成包括：氮气（占空气总体积的78%）、氧气（约占总体积的21%）、水蒸气（在地表附近约占总体积的1%至4%）和其他微量成分。每一次呼吸，我们吸入的空气都包含着上述比例的各种分子。而在地面附近，每立方英寸（1英寸约等于2.54厘米）的空气约含有10^{20}个分子。



所有空气分子以极快的速度移动着，它们与其他空气分子及所有地面附近的物体迅速碰撞。气压可以定义为：空气分子在一定面积上施加的压力大小。一般而言，某个区域的空气分子越多，这个区域的气压就越大。而风是气压梯度力作用的结果。在特定水平距离，气压的变化使得空气分子从气压较高的区域涌向气压较低的区域。我们所感受到的风就源于所有尺度上的此类水平压差。

大部分显示在气象图上的高压带和低压带，形成的只是平日里的微风。而产生微风所需的气压差只是大气总压力的1%，这种气压变化在许多区域范围内都会出现。相对而言，强风暴源于更大、更集中的气压区域性变化。龙卷风就是不错的例子。2003年6月，美国应用研究联合公司的蒂姆·萨马拉斯（Tim Samaras）在南达科他州曼彻斯特市附近一场F4级（毁灭性的）龙卷风的直接路径上放置了一个科学探测器，他发现该龙卷风半径范围上的气压与总的大气压相比下降了10%。气压变化的程度之大以及发生的距离之短，解释了龙卷风为何极具毁坏性。它出现时，空气分子很快地向龙卷风中心的低压区汇聚，该区域空气中包含的水分凝结，形成可见的“漏斗云柱”现象。

◎译者：徐彬

土地为什么大多呈棕色？

解答专家

史蒂文·艾利森（Steven Allison）
美国加利福尼亚大学欧文分校生态学研究员

土壤中丰富的无机碳吸收了大部分的可见光，使土壤呈现出独特的深棕色。（如果土壤受到侵蚀或其中少有植物生长，土壤中的碳含量就会变得很低，这时我们就会看到底层矿物的颜色——红色、黄色或灰色。）那么一个更有趣的问题就出现了：为什么土壤中的碳含量会那么高呢？

全球土壤含碳量为1.5×10^{18}克～2.3×10^{18}克，是全球植物含碳量的2倍～3倍。大部分土壤中的碳沉积了成百上千年。既然有那么多细菌、真菌和其他无脊椎动物在分解和消耗土壤中的碳，为何那些碳还是沉积了如此漫长时间呢？

植物死亡后，分解者吸收了一部分植物中的碳，并将其余的碳，以二氧化碳的形式通过呼吸作用获得。而分解者死亡后，它们的碳又被其他分解者消耗和吸入。



然而，一些因素可能会阻止分解者。许多微生物会分泌出酶，将有机物分解为小分子，以便吸收。但是，微生物无法将土壤中所有形式的碳都轻易分解。死亡的微生物细胞壁上的物质与土壤中的其他碳化合物发生反应，形成复杂的聚合物。这些聚合物大多被称为腐殖质，它们的化学结构能够抵御酶的攻击，因此可以在土壤中聚集起来。腐殖质能与和它类似的名为多酚聚合物的分子一起，把对它们有潜在分解作用的酶束缚起来，使酶失去活性。

其他环境因素也会降低微生物酶的效率。如果土壤缺氮，微生物可能无法得到形成酶所需的营养。此外，有些酶需要用氧做底物。因此，无氧条件（如沼泽和泥炭地）常常会导致碳在土壤中积累。

◎译者：冉隆华

地震是怎么停止的？

解答专家

戴维·奥格尔斯比（David D. Oglesby）
美国加利福尼亚大学里弗赛德分校地球物理学家

简而言之，当积蓄的能量，也就是驱使地震发生的能量，不能再克服阻碍地震的摩擦力时，地震便停了下来。

为了了解这种制动过程，首先要弄清楚地震发生的原因。地壳中的岩石受力断裂为两块，这样的地质结构被称为断层。聚集在断层周围的岩石被摩擦力固定。随着时间的推移，地壳的大陆级地块，即构造板块的运动，使岩石沿着断层发生弯曲和拉伸，像压缩弹簧那样，将能量注入这些岩石。



当这些不断积蓄的力量超过固定这些岩石的摩擦力时，断层上便形成裂缝，并不断扩大，断层开始滑动。这种滑动释放出岩石积累的一部分能量，发出地震波。地震波传送到地表会给该地区造成相当大的破坏。

一旦地震将能量释放完毕，或者它碰到足够大的摩擦力时，地震便会停止。就像滑雪者从雪上滑行到泥土上，如果地震遇到无法轻易滑动、拥有较大摩擦力的物质时，就会停下来。此外，如果地震到达最近发生过地震的另一个地区，它也会停下来，因为这样的地区已经没有足够大的累积能量。还可能是因为地震到达了断层尽头，所以停止了；此时从完整岩层上切分出一个新的断层所需要的能量，远远超出将现有断层破裂所需的能量。

但是地震也能从一个断层跳跃到另一个断层，通常是从4,000米外的地方跳跃过去。因此，正如你从来就不知道一场大地震将何时发生一样，你也很难知道它会在何时何地停止下来。

◎译者：詹浩

注释

*原始汤：奥博林-哈登假说认为，原始地球的大气是富含氨和甲烷的还原性大气，因为闪电、火山爆发等原因，有机物形成了核酸和蛋白质组成的大分子，这种有机大分子能够自我复制，它们在40亿年前的原始海洋中形成原始汤，最后形成生物体。

**太阴日：月球第一次经过头顶的时间与第二次出现在相同位置的时间间隔。对于地球上任何一个定点来说，每个太阴日大约为24小时50分钟，比地球自转一周所需的时间——约24小时要更长一些。

6　洞察高科技时代



◎我们为什么不通过淡化海水获得更多的饮用水

◎全球变暖为什么是二氧化碳的错

◎宇宙飞船怎么在没有磁极的太空中确定方向，《星际迷航》中的导航系统有道理吗

◎弹弓效应是怎么改变宇宙飞船的飞行轨迹的

……

我们为什么不通过淡化海水获得更多的饮用水？

解答专家

彼得·格莱克（Peter H. Gleick）
美国太平洋研究所所长（该机构位于美国加利福尼亚州奥克兰市，是一个非盈利性环境和水政策公共智囊团）

海水淡化需要消耗大量能源，因而需要大量资金。不同地方海水淡化的价格差异很大，用海水生产1立方米淡水的价格在不足1美元到数美元之间，并且人们在减少海水淡化的能源消耗方面所取得的成效，还跟不上能源支出的上涨速度。从河水或含水地层抽取淡水的费用则低得多——每立方米约为10美分~20美分，在农业领域，费用常常还要更低一些。因此，海水淡化供水量不到人类淡水需求总量的0.5%。



海水淡化中的取水

海水淡化还要承担环境成本：取用海水时有可能吸入小的海洋生

物，扰乱食物链，而且经过淡化过程剩余的盐水浓度极高，如果将它排回海洋，会危害沿海生态系统。

尽管如此，随着其他水源逐渐消耗殆尽和价格差距的消失，人们对海水淡化的兴趣还是不断增长。寻找新的淡水资源或在某地新建大坝都会提高成本。譬如在加利福尼亚修建一个大坝，每立方米水的价格会增加60美分。为了更有效地使用水资源，人们还必须做大量的工作，但是随着全球人口不断增长和供水量日益减少，可能不久之后，通过海水淡化来解决淡水供应问题会得到更多经济上的支持。

◎译者：詹浩

燃烧释放的二氧化碳重量为什么会超过燃料本身的重量？

解答专家

苏珊·特朗博雷（Susan Trumbore）
美国加利福尼亚大学欧文分校地球系统科学系主任

含碳燃料通常以一种还原态的形式存在——也就是说，碳原子大多数都附着在氢原子上。在燃烧时，碳被氧化（与空气中的氧原子结合），生成二氧化碳。因为氧原子比氢原子重得多，所以燃烧产物比所燃烧的燃料重。



就拿汽油来说，辛烷是其主要成分之一。辛烷分子由8个碳原子和18个氢原子组成。1摩尔（6.02×10^{23}个）辛烷分子的重量相当于8摩尔碳原子的重量（1摩尔碳原子重12克）加上18摩尔氢原子的重量（1摩尔氢原子重1克）。因此每摩尔辛烷分子的重量为114克（8摩尔×12克/摩尔+18摩尔×1克/摩尔）。

二氧化碳的重量为44克/摩尔（碳原子为1摩尔×12克/摩尔，氧原子为2摩尔×16克/摩尔）。如果辛烷完全燃烧生成二氧化碳，它的8个碳原子都会变成二氧化碳分子的组成部分。每个辛烷分子完全燃烧会产生8个二氧化碳分子——或者说，每摩尔辛烷分子完全燃烧将生成8摩尔二氧化碳分子。所以燃烧1摩尔辛烷会产生352克（8摩尔×44克/摩尔）二氧化碳。

这样，产生的二氧化碳与所燃烧的辛烷的重量比便为352：114，约

为3：1。然而，汽油并非完全由辛烷组成，因而实际重量比将会有所不同。

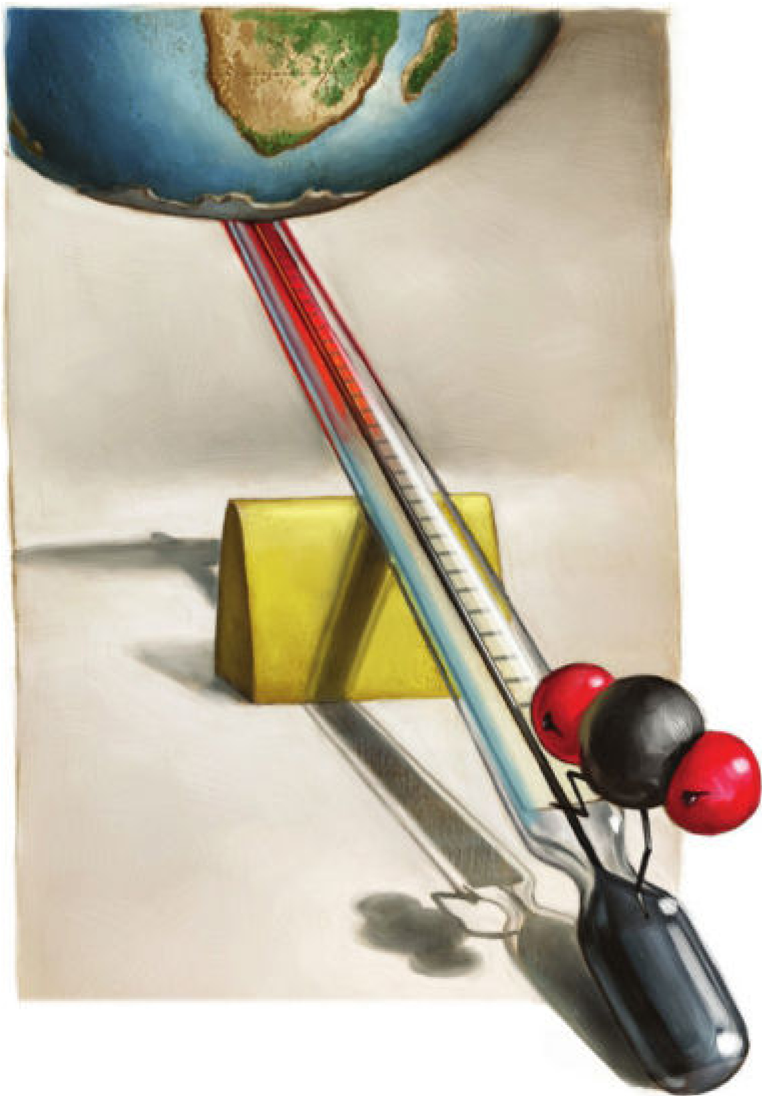
◎译者：詹浩

全球变暖为什么是二氧化碳的错？

解答专家

彼得·坦斯（Pieter Tans）
美国国家海洋和大气管理局地球系统研究实验室高级研究员

虽然二氧化碳只占大气组成成分的一小部分，但它却是大气中为数不多的可以捕获地球热辐射的气体之一。地球表面吸收了太阳发出的可见光辐射，慢慢升温。同时，地球表面也在发射红外辐射，把热量放回太空，为地球降温。（我们看不见红外辐射，但是当我们站在热炉子旁边的时候，却能感觉到皮肤正在吸收红外辐射。）地表吸收的阳光越多，放回太空的辐射就越多，直到散失到太空的热量与地球从太阳那里吸收到的热量达到平衡。



占据空气成分99%的气体（氮气、氧气和氩气）既不吸收可见光，也不吸收红外线。因此，这两种辐射都可以畅通无阻地穿越这些气体。水蒸气和二氧化碳所占比例仅次于上述气体，能吸收一部分地球发射的红外热辐射，由此锁住这些热量，让它们无法返回太空，这就是温室效应。如果没有温室效应，我们地球的表面将像火星一样寒冷。

虽然二氧化碳和水蒸气在大气中所占的比例很小，但在气体混合的过程中，通过分子间的碰撞，这些分子会与氮分子、氧分子，还有氩分子分享它们吸收到的热量。因此，整个大气就像一个保温毯，当水蒸气、二氧化碳和其他温室气体增加时，大气的保温作用就会更强。

对于那些多余的气体——二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和其他一些少量的气体，我们已经在实验室认真研究过它们的性质，所以能精确计算出它们产生的热效应。这些温室气体（水蒸气除外）自工业革命前就开始逐渐增多，如今它们所截留的总热量，相当于地球表面所吸收的太阳辐射总量的1%，其产生的影响大致相当于整个20世纪期间太阳变亮1%所产生的影响。

这些影响听起来似乎微不足道，但地球的热平衡稍有变化，就会导致气候巨变。过去数百万年来，地球上一直持续着冰期和间冰期（冰期和冰期之间的温暖时期）的循环变化。而仅仅是热带地区5℃左右或两极地区8℃左右的全球平均气温变化，就有可能将这种循环打断。

◎译者：李柯

为了减少二氧化碳对气候的影响，可以将其分解为碳和氧吗？

解答专家

詹姆斯·米勒（James E. Miller）
美国桑迪亚国家实验室化学工程师

实际上，将二氧化碳分解为碳和氧是能够实现的，但是存在一个难题：这样做需要消耗能量。首先，如果这些能量靠碳氢化合物燃料提供，就会产生温室气体。根据热力学知识，最终所产生的二氧化碳量将超过我们所分解的二氧化碳量。



我们可以把这一想法转化为一个化学反应方程式，即CO_2 + 能量 = C + O_2。这个反应式基本上是碳燃烧的逆向反应式（碳燃烧反应式为C + O_2 = CO_2 + 能量）。如果靠来自于碳的能量驱动这种分解反应，释放的二氧化碳会比消耗的二氧化碳更多，因为没有任何一种反应过程是绝对

高效的。

另一种选择是，利用非碳能源驱动一种反应。这种反应不仅能“反转”燃烧过程，还能把二氧化碳当成一种原料，产生有用的高能量值产品。在美国桑迪亚国家实验室，研究人员正致力于用太阳光来驱动高温热反应，用二氧化碳和水生产一氧化碳、氢和氧。一氧化碳和氢是用于产生合成燃料的基本化学成分，因而我们称这一过程为“从阳光到汽油”反应。

◎译者：詹浩

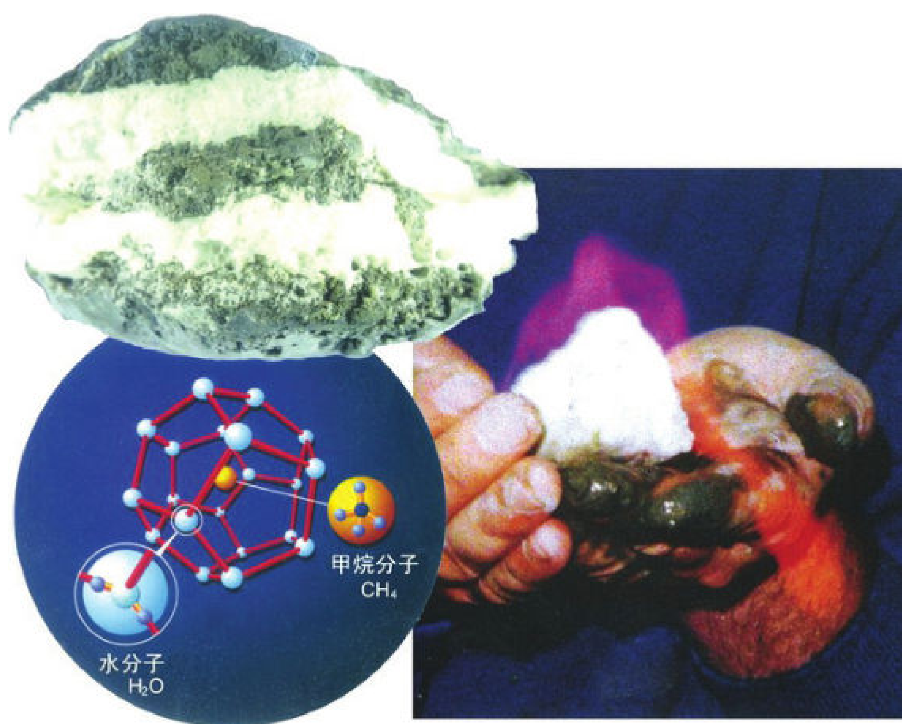
可燃冰为什么大多形成于海底，而且开采难度大？

解答专家

樊栓狮
中国科学院广州天然气水合物研究中心首席科学家、华南理工大学特聘教授

可燃冰是“天然气水合物”的俗称。它是指甲烷类天然气被包进水分子中，在低温高压条件下形成的透明结晶，多呈白色或浅灰色。因为外貌类似冰雪，可以像酒精块一样燃烧，故人们称它为“可燃冰”。

可燃冰的结构很奇特，在1个可燃冰气体分子周围，包围着6个水分子。只要把水去掉，它就是一种理想的燃料。它的热值很高，据估算，1立方米可燃冰释放出的能量相当于164立方米的天然气所产生的能量。可燃冰完全燃烧后只剩下二氧化碳和水，几乎不会造成任何污染，是一种既清洁又高效的绿色能源。



绝大多数可燃冰分布在海洋里，那里的可燃冰储量是陆地的100倍以上。这是由其形成条件决定的。要形成可燃冰，必须同时具备三个条件：温度不能太高（0℃～10℃），压力要足够大（大于10兆帕），地底要有气源。不管海平面温度如何，水越深温度越低。海底温度通常只有3℃～4℃，这就满足了形成可燃冰的温度条件。另外，由于海底的有机物沉淀至少都有成千上万年的历史，死去的鱼虾、藻类体内都含有碳，经过生物转化，可形成充足的甲烷气源。当海洋板块下沉时，较古老的海底地壳会下沉到地球内部，海底石油和天然气会沿着板块的边缘涌上来。在深海压力下，天然气接触到冰冷的海水便会产生化学作用，生成甲烷水合物晶体。

可燃冰大多埋藏在海底的岩石中，这给开采和运输带来极大困难。有学者认为，在导致全球气候变暖方面，甲烷所起的作用比等量的二氧化碳要大10倍～20倍。而可燃冰矿藏哪怕受到极小的破坏，都足以导致甲烷气体大量泄漏。另外，陆缘海边的可燃冰开采起来十分困难，一旦发生井喷事故，就会造成海啸、海底滑坡、海水毒化等灾害。

因此，开发可燃冰的最大难点在于，要保证井底稳定，使甲烷气不会发生泄漏，从而避免引发温室效应。目前，开采方法主要有热解法、

降压法和置换法三种，但这些方法都还不能用于大规模的商业开采。科学家们正在研究更安全、更高效的钻采方法，让可燃冰真正造福于人类。

石油为什么多蕴藏在沙漠和极地中？

解答专家

罗杰·安德森（Roger N. Anderson）
美国哥伦比亚大学拉蒙特 - 多尔蒂地球观测站教授

大部分油田和天然气田最终出现在其现有位置，要归因于板块构造——地球表面的巨大板块随着时间推移而发生的漂移。河流三角洲和大陆边缘的近海地区也蕴藏着一定的石油、天然气资源。

石油和天然气大多是由死亡的微生物在缺氧环境中被迅速掩埋而形成的——氧气不足使得它们不能分解，因此，它们保持了自身的碳氢化学键，这是形成化石燃料的一个必要因素。新生的海洋盆地——脱胎于板块构造运动和大陆裂解（变形），正好为在缺氧水体中进行迅速掩埋提供了有利环境。河流携大量有机残骸的沉积物而来，充填海洋盆地。盆地抑制了水循环，所以它们的氧气含量也比开阔的海洋低。



板块构造还形成了“高压锅”，慢慢地将有机物“压”成了石油和天然气。这个过程通常需要上百万年，石油和天然气会利用沉积的时间随着板块运动进行环球漂移。这些碳氢化合物比水轻得多，最终它们会冲到地表。另外，裂谷作用、大陆板块之间的碰撞，以及其他的地质构造作用，也会把已经成形的石油和天然气从沉积盆地的深处释放出来，并在它们逃到地球表面之前，将这些有机流质封闭在贮存池，也就是我们所

说的油田和天然气田中。

板块构造既为缺氧环境中掩埋有机物提供了场所并创造了条件，也决定了这些沉积盆地随后的移动路线。大陆板块的漂移、俯冲（即一个板块受力插到另一个板块之下的过程），还有跟其他大陆板块的碰撞，将石油从大部分有机物沉积的沼泽、河流三角洲和气候温暖的地区转移到了极地和沙漠，刚好就是今天它们所在的位置。

◎译者：虞骏

按照现在的消耗率，全球铀储量可供核反应堆做燃料用多久？

解答专家

史蒂夫·费特（Steve Fetter）
美国马里兰大学公共政策学院院长

如果核能机构估算的全球可用铀储量是准确的，那么按照当前的铀耗速度计算，反应堆还可运行200多年。

全球核电站每年生产的2.8万亿度电中，大部分都是由以低浓缩铀为燃料的轻水反应堆生产的。大约10吨天然铀可生产1吨低浓缩铀，而1吨低浓缩铀则可用来生产大约4亿度电，因此现在的反应堆每年需要耗用大约7万吨天然铀。

据核能机构介绍，已探明的铀储量为550万吨，另外尚未探明的铀储量还有1,050万吨——按目前的铀耗速度计算，能用230年左右。通过对铀提取技术进行改进和进一步的开发，一段时间后，上述估算时间至少可以翻一番。



核电站

使用更先进的铀浓缩技术可使轻水反应堆的铀需求量减少，使每生产1吨低浓缩铀所需铀量降低30%。从用过的低浓缩铀中分离出钚和铀，并用它们来制造新的核燃料，可使铀需求量再减少30%。如果将上

述技术全都付诸实践，就能使一座轻水反应堆的铀需求量减少一半。

有两种技术可使铀储量本身大大增加。尽管目前看来这两种技术都还不太合算，但未来一旦铀的价格大幅提升，这两种技术的优势就会立刻显现出来。第一项技术是从海水中提取铀，它能制造出45亿吨铀——按目前铀耗速度计算可使用6万年；第二项技术是核燃料循环利用的快中子增殖反应堆，又叫快堆。快堆的铀使用量还不到现在轻水反应堆的1%，而它产生的核燃料多于耗用的核燃料。如果用快堆来提供核电，按现在的核电生产量，仅仅是核能机构估算出的铀储量就能使用3万年。

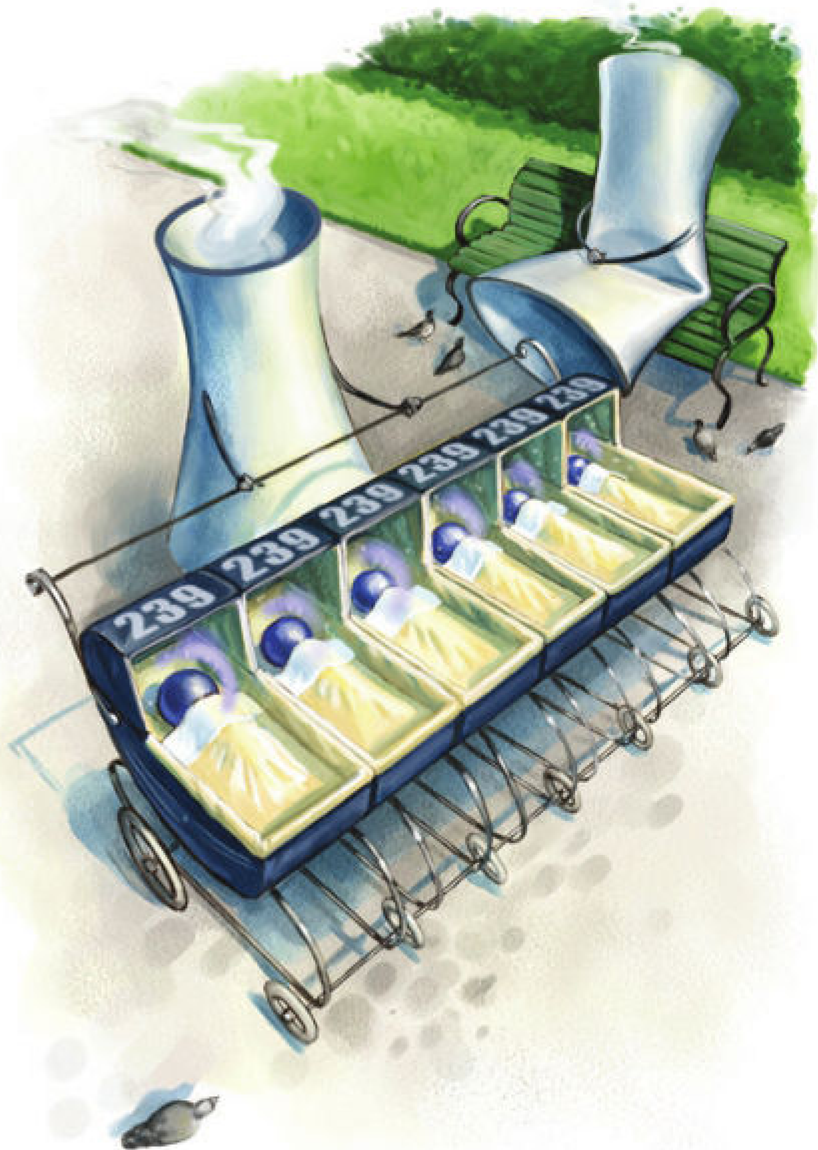
◎译者：詹浩

快中子增殖反应堆与常规核电站有什么不同？

解答专家

安德鲁·卡拉姆（P. Andrew Karam）
美国纽约州阿默斯特市MJW公司资深保健物理学家

除了像常规核电站一样生产电力之外，快中子增殖反应堆还能利用所谓的“快中子”，产生出比自身消耗多达30%的燃料。



核反应堆通过裂变产生能量。裂变是原子核分裂为两个或两个以上较小原子核的过程。在裂变过程中，一小部分质量转变为能量，而对于反应堆，这些能量是利用受控链式反应产生的：铀原子核分裂时，会产生两个或更多的中子，其他原子核吸收了这些中子后也发生裂变，从而释放出更多的中子，持续不断的裂变就发生了。裂变产生的高能量中子，以极快的速度运动。这些所谓的“快中子”无法有效地引发裂变。为了维持链式反应，大部分反应堆都会使用一种慢化剂，通常是水或氦气，来放慢中子的运动速度，使它处于最容易触发原子核裂变的能量状

态。

而快中子反应堆则使用一种效率较低的冷却剂，例如液态钠，来让这些中子保持高能量状态。虽然这些快中子并不擅长引发裂变，但它们却带来了一个额外的好处：它们能够轻而易举地被同位素铀238俘获，然后，将铀238变成钚239。有些反应堆是专为这个目的而设计的，以便使钚的产量最大化，然后将钚作为燃料使用，或者用于制造核武器；如果反应堆产生的燃料大于它们消耗的燃料，那么就被称为增殖反应堆。铀238不会轻易发生裂变，铀235却容易发生裂变，增殖反应堆就是利用铀238的这一天然优势，实现燃料增殖的。

一些商用核反应堆通常使用浓缩铀作为燃料，其中铀235的含量高达8%。虽然这种占比很低的同位素实现了大部分裂变以产生能量，但是燃料中绝大多数原子是铀238，它们将来有可能转变为钚239原子。

钚239碰巧比铀235更容易发生裂变，但是，这种裂变会使燃料中的钚含量减少。这就是许多增殖反应堆采用快中子堆的原因。对于生产钚来说，快中子绝对是理想的东西，因为它容易被铀238俘获，产生钚239，而快中子引发的裂变却比慢中子少。

利用核反应堆产生额外燃料也引起了人们的担忧：产生的钚可能会给核扩散推波助澜，并且，提取钚所必需的燃料再生过程，会产生放射性废料和潜在的高辐射暴露。基于这些原因，1977年，当时的美国总统吉米·卡特（Jimmy Carter）下令停止了美国的燃料再生作业。

◎译者：王颖

太阳能是怎么工作的？

解答专家

保罗·阿利维萨托斯（A. Paul Alivisatos）
美国劳伦斯伯克利国家实验室副主任兼太阳神太阳能研究项目负责人

当太阳光照射到太阳能电池板上时，阳光的能量使太阳能电池中的电子释放出来，产生电流。我们能够利用这些电流来为袖珍计算器、住宅，乃至火星上的科学站提供电力。

在传统的结晶硅太阳能电池中，硅晶中的原子可以通过一些共享电子键合在一起。当光线被吸收时，这些共价键中的一些电子被激活，跃迁到更高的能级。

与键合时相比，这些电子能够更为自由地围绕硅晶运动，就像电流那样。

我们不妨试着想象一下，如果你房间墙壁上有一个壁架，向壁架上抛一个球，就类似于激活一个电子跃迁到一个更高的能级。一个光子，即一份不可分割的光能，进入硅晶并碰撞电子，使电子跃上壁架（跃迁到更高的能级），并一直呆在那里，直到我们通过用电来收集这种能量。



科研人员正在不断寻找新方法，并对现有方法进行改进，来提升光电转换效率。结晶硅太阳能电池的能效约为22%～23%，这意味着这些电池将照射到它们上面22%～23%的光能转换成了电能。普通大众支付得起的那种铺设在屋顶上的太阳能电池能效要更低一些，通常在15%～18%之间。能效最好的太阳能电池，例如卫星上使用的太阳能电池，能效接近50%。

光电转换率是一个重要的测量参数，但我们也关心太阳能电池的制造成本及生产规模。就我看来，硅晶技术无法扩大到理想状态，达到市场化大量销售的规模。这是因为原材料和生产过程的成本很高。如果科研人员研发出一种能够更好扩大生产规模的技术，哪怕是一种比结晶硅能量转换效率低的技术，我们也能制造出数百万英亩（1英亩约等于4,046.86平方米）的材料来产生大量的能量。许多公司和大学正在用塑料、纳米颗粒等各种材料进行试验，以实现这一目标。

◎译者：詹浩

蓝牙是怎么工作的？

解答专家

迈克尔·福利（Michael Foley）
蓝牙技术联盟执行理事

蓝牙是一种短距离无线通信技术，它取代了连接电子设备的缆线。它使用的是设备“查询”和“查询扫描”的工作原理。扫描设备会对特定频率的无线电进行监听，而这些频率正是正在主动查询的设备所发无线电信号的频率，当扫描设备接收到一个查询信号时，它便发出一个形成连接所需的回应信号。



然后，一组设备就形成了所谓的微微网。微微网可以包括一个主设备和最多7个处于激活状态的从设备，还可以包括更多当前尚未加入该网络的从设备。（某一特定设备可以属于一个以上的微微网，它既可以是主设备也可以是从设备。）在同一微微网内，所有设备同步于一种时钟和跳频模式，并且共享一个无线信道。该模式由主设备依据算法确定，以避免信号干扰和衰减。基本跳频模式在79个可用频率之间循环，但是它可以进行调节以排除那些存在干扰的设备所使用的频率，这样当微微网附近存在诸如无线保真（Wi-Fi）网络之类的静态（非跳频）系统时，蓝牙的共存状态将得到改善。

无线链路再被细分为一些称之为时隙的时间单元，每个时隙对应一个跳频。被激活的蓝牙装置在时隙内以数据包的形式传送数据，而跳频会在数据包的传输与接收之间不断发生。当然，蓝牙用户只要知道自己

想要完成的工作任务就可以了，例如用无线耳机进行免提通话或收听音乐。因为蓝牙系统会自动完成上述复杂工作。

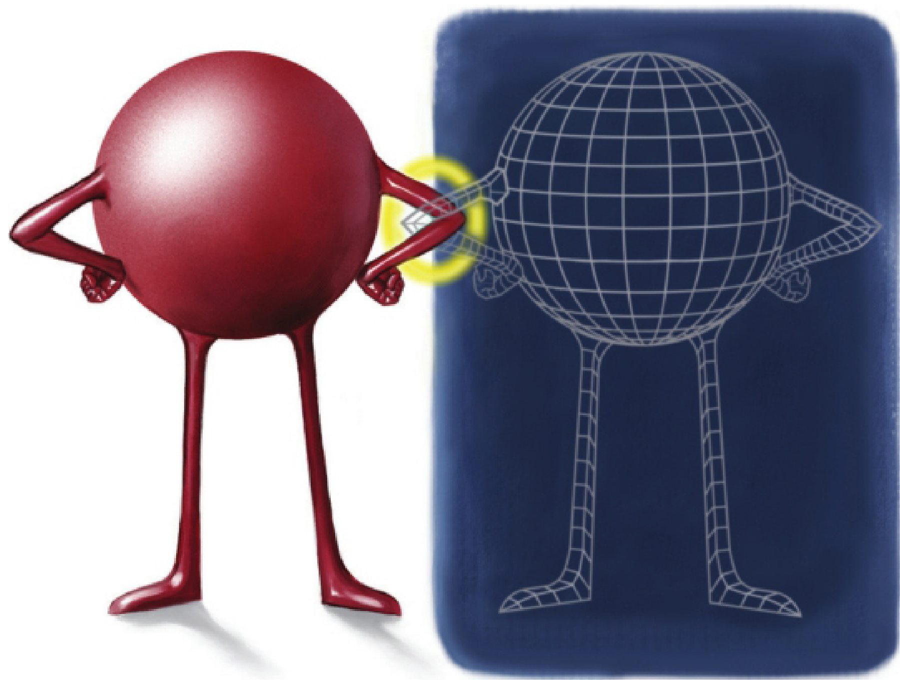
◎译者：詹浩

量子力学中的虚粒子真的存在吗？

解答专家

戈登·凯恩（Gordon Kane）
美国密歇根大学安阿伯分校密歇根理论物理研究中心主任

虚粒子是真实存在的——它们的一些效应是可观测的，为此物理学家们已经设计出了一些测量方法。量子理论预言，每一个粒子都会在某一时间，以任何可能的方式，与其他粒子结合在一起。在量子力学中，短暂地违背能量守恒定律是被允许的，甚至是必要的。因此，一个粒子可以变成一对较重的虚粒子，这对虚粒子很快又会合而为一，变回当初的那个粒子，就像从未出现过虚粒子一样。



尽管虚粒子只是这个世界的匆匆过客，但它们却会与其他较为常见的粒子发生相互作用。科学家通过研究这些相互作用，就能验证与虚粒

子有关的种种预言。在一个氢原子内，光子（电磁辐射的基本粒子）将一个带负电的电子和一个带正电的质子结合起来。依据量子理论的预言，每一个光子都会在某一时间变成一个虚电子和一个虚正电子（正电子是电子的反粒子）。氢原子可以有几种不同的状态。当它处于两种不同的状态时，氢原子与虚电子和正电子的相互作用稍有差异，所以量子理论预言氢原子处于这两种状态时，性质会因这些相互作用而略有不同。（如果不存在虚粒子，两种状态下的性质就应该完全相同。）1947年，美国科学家威利斯·兰姆（Willis Lamb）测量到了这种差异，几年后，他因为这个研究获得了诺贝尔物理学奖。

虚粒子的另一个现象与基本粒子夸克有关，特别是6种夸克中质量最大的顶夸克。20世纪90年代初，欧洲原子核研究组织制造了几百万个Z玻色子，并精确地测量了它们的质量。得到的测量结果与粒子物理标准模型预言的质量稍有差异。不过，如果考虑到Z玻色子会在某时变成虚顶夸克，且该顶夸克的质量恰好为某一特定数值的话，这种差异就可以得到解释。几年后，美国伊利诺伊州巴达维亚市的美国国立费米加速器实验室直接测量出了顶夸克的质量，它与欧洲原子核研究组织通过分析得到的预言值完全一致。这是我们判断虚粒子确实存在的另一个引人注目的证据。

◎译者：褚波

美国国家航空航天局为什么选在气候恶劣的佛罗里达发射航天飞机？

解答专家

罗杰·劳尼厄斯（Roger D. Launius）
太空历史学家、美国史密森学会全国航空航天博物馆资深馆长

选定佛罗里达作为美国载人飞船的发射地点，始于1961年的水星计划。之所以选定佛罗里达，有多方面原因。首先，发射地点只有位于海岸，才能让飞船在上升过程中位于海洋上空，这样脱落的碎片或废弃的火箭助推器就不会在飞船上升过程中掉落到有人居住的地方。大西洋沿岸更适于发射飞船，因为向东发射可以让飞船飞行方向与地球自转方向相同，从而能够借助地球自转，为火箭摆脱地球引力节省很多燃料。

其次，佛罗里达靠近赤道，而在赤道，地球表面的自转速度最大。目前全球最佳发射地点是欧洲空间局设在法属圭亚那的宇航基地，大约位于赤道以北5度。

梅里特岛是肯尼迪航天中心所在地，建设该航天中心时，那里已拥有良好的物流环境。由于在它附近早已建有一个海军基地和一个陆军基地，那里的道路设施不错。该岛基本无人居住，因此在岛上建什么都比较方便。虽然美国还拥有诸如波多黎各和夏威夷之类纬度更低的候选发射地点，但那些地方交通不便，使它们的吸引力大打折扣。

最后，必须指出的是，虽然佛罗里达狂暴的亚热带气候让人有些忍受不了，但大多数地方都有气候问题。美国的中部地区有龙卷风走廊，南部地区有飓风。无论你把发射地点选在哪里，或多或少都存在一些问题。

既然肯尼迪航天中心已经建成，我认为，在未来可预见的时间里，它都是美国航天发射场的最佳选择。要想在其他地方再建一个这样设施完备的发射场，成本将非常高。

◎译者：詹浩



2009年7月15日“奋进号”航天飞机发射升空。

国际空间站可以作为人造卫星的维修厂或脱轨航天器的中转站吗？

解答专家

杰克·培根（Jack Bacon）
美国国家航空航天局国际空间站项目任务分析与综合小组成员

一般来说，在国际空间站上修理卫星是不切实际的，但让它充当航天器中途停靠站，却有一定的可能性。修理卫星的主要问题在于，修理平台必须与卫星处于同一轨道平面上才能启用，而任何一颗卫星满足这一条件的可能性都微乎其微。即使让国际空间站的轨道平面仅改变1度，也要消耗将近12吨的推进剂，况且大多数卫星与国际空间站的轨道倾角远大于1度。同样，大多数卫星也没有足够多的推进剂来改变自身轨道平面，因而它们无法抵达国际空间站。



在国际空间站内修理航天器，也存在一些实际问题。航天器一旦抵达轨道，就要使用点火装置启动各种仪器和阀门。在空间站这个狭窄环

境中处置未引爆的点火装置并不明智，反过来，空间站又很难容纳一个完全展开的航天器。宇航员也无法像地面工作人员那样自由呼吸到足量的新鲜空气，一旦吸入任何有毒物质（例如推进剂），都有可能酿成一场悲剧。

即使甘愿冒上述风险，我们也要面对最后的困难：如何建造一个宽敞的修理间或结实坚固的通道，来容纳一个大型航天器。运载火箭的空气动力特性限制了有效载荷（即修理间）的直径不能超过5米。即便假设我们可以在航天器和修理间的壁面之间那仅有几厘米的空间中进行修理工作，仍要面临如何将航天器引入和送出修理间这样的难题。一个直径5米的出入口必须要承受接近200吨的重量，就需要相当厚重的构架和金属构件，这又可能使设计、建造和发射过程进一步复杂化。

更值得期待的是，将国际空间站用作航天器的中途停靠基地，这样可以对离开地球轨道的航天器（如詹姆斯·韦伯太空望远镜和一些执行飞往月球或火星任务的航天器）进一步进行配置。但是，对接到国际空间站的航天器，其装配工作必须在真空环境下进行。无论如何，从国际空间站向月球、火星或其他太空目标发射航天器的发射窗口，要比地面上的发射窗口少得多。

◎译者：詹浩

宇宙飞船怎么在没有磁极的太空中确定方向，《星际迷航》中的导航系统有道理吗？

解答专家

克里斯托弗·波茨（Christopher Potts）
美国加利福尼亚州帕萨迪纳美国国家航空航天局喷气推进实验室导航工程师

没有一个始终存在着的磁场（例如人们在地球上使用罗盘时所依靠的地磁场）可供利用时，导航工程师就必须利用一种自己设计的三维笛卡尔坐标系或者坐标框架，来为宇宙飞船导航。

目前在深空（外层空间或宇宙空间）探测中普遍使用的一种坐标框架，被称为历元J2000地球平赤道及平春分点坐标系（EME2000）。它的名字之所以这么长，是因为确定一个三维坐标系统要用到许多必需的元素：一个参照物（地球）、一个参照面（平赤道，不考虑章动，也就是地轴的轻微晃动的理想化赤道）、一个参照方向（春分线，春分那天从地球到太阳的连线）以及一个参照时间（J2000，2000年1月1日天文历表时间12:00:00，用于计算行星运动的一个统一时标）。参照体和参照面用于确定坐标框架的x-y平面。z轴则与x-y平面垂直，通常与参照体的旋转轴相同。之所以需要一个参照时间，是因为参照面会在太阳系中其他天体万有引力的影响下发生轻微的晃动。

要使用这个定义好的坐标框架，宇宙飞船必须能确定和控制自己的方向。宇宙飞船传感器不使用罗盘，而是利用太阳和恒星来确定飞船相对于该坐标框架的方位。虽然相对于定义好的坐标框架，用来描述确定的方向的方法有若干种，但是一般我们只用一种方法，即用两个角度测量值来描述。在天文学上，通常用赤经和赤纬来确定宇宙空间中的方向。赤经是该方向在参照面上的角度值，赤纬则为该方向相对于参照面上下夹角的数值。

虽然具体方式可能不尽相同，但要确定宇宙飞行方向，仍要依靠这

些基本原理来确定参照框架，并用各种测量值来确定相对于该框架的方位。就影片《星际迷航》（Star Trek）中的导航系统（诸如“航向294，目标37”之类）而言，我怀疑这种方法是否真能用于现在的深空导航。但是通过确定两个测量值，已经足够为《星际迷航》中的翘曲飞行正确导航了。

◎译者：詹浩



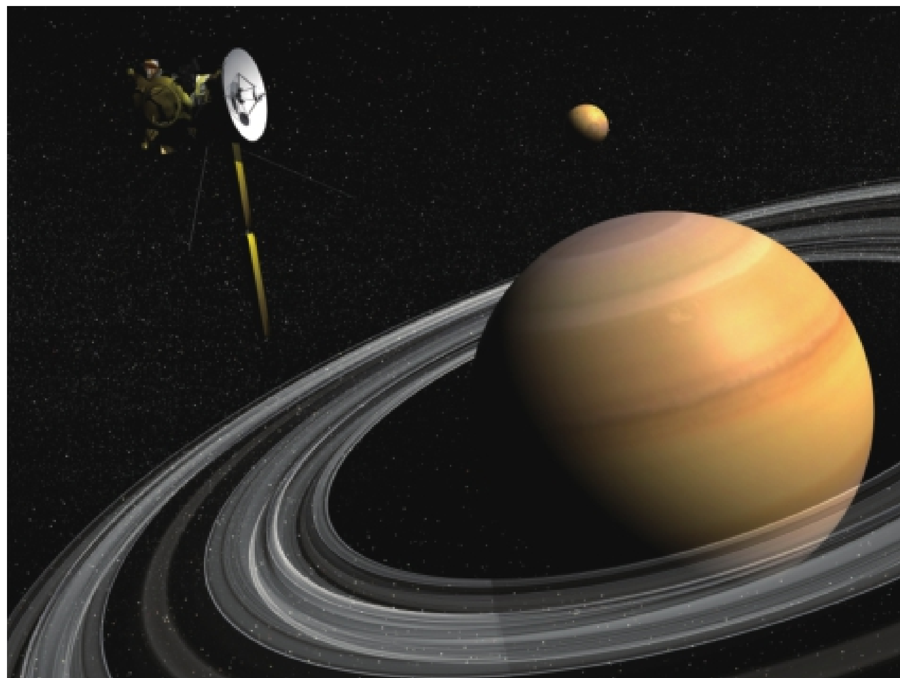
画家笔下的“旅行者号”探测器：两个一模一样的“旅行者号”探测器于1977年发射升空。

弹弓效应是怎么改变宇宙飞船的飞行轨迹的？

解答专家

杰里米·琼斯（Jeremy B. Jones）
美国国家航空航天局喷气推进实验室“卡西尼号”宇航小组组长

宇宙飞船的轨道主要是由某个大的中心天体（如太阳、地球）的引力决定的，比如“卡西尼号”飞船的轨道就是由土星引力决定的。如果中心天体只是附近唯一产生引力的天体，那么飞船就会以恒定的轨道能量和角动量沿椭圆形轨道绕着中心天体飞行。然而，在太阳系中，许多体积庞大的天体都有较小的天体环绕着，比如太阳有八大行星（和众多较小物质）环绕，地球有月球环绕，土星有土卫六等多颗卫星环绕。



当围绕一个主天体运行的宇宙飞船，逐渐飞近该主天体的一颗卫星

时，它们就会交换轨道能量和角动量。因为总的轨道能量是恒定的，所以如果宇宙飞船得到了更多的轨道能量，那么卫星的轨道能量就会相应减少。而且，沿轨道环绕主天体运行一周的时间，即轨道周期与轨道能量成正比，因此宇宙飞船的轨道能量增强时，它的轨道周期也会随之延长，这就是弹弓效应——当然，卫星的轨道周期就会缩短。

宇宙飞船的质量远远小于卫星，所以弹弓效应对飞船轨道的影响也就远远大于对卫星轨道的影响。例如，飞往土星的“卡西尼号”飞船，质量只有3,000千克左右，而土星最大的卫星土卫六，质量则有10^{23}千克左右。这样，“卡西尼号”受到弹弓效应的影响，将比土卫六受到的影响高出20个数量级。

我们可以设想一下，当“卡西尼号”沿轨道围绕土星飞行时接近土卫六，将会发生什么。当飞船靠近时，土卫六的引力使“卡西尼号”相对土卫六的速度有所增加，更为重要的是，使“卡西尼号”的飞行方向发生改变。当“卡西尼号”从土卫六附近离开时，它相对土卫六的速度会降到初始速度，但是飞行方向仍然是改变后的方向。结果，“卡西尼号”相对土星的速度已经改变。根据飞船飞掠时的相对位置，速度的改变可能是方向改变，也可能是大小改变，或者两者兼有。如果相对土星的速度大小改变，那么“卡西尼号”的轨道能量就会改变，轨道周期也随之改变。同样，“卡西尼号”相对土星的速度不论大小变化还是方向变化，都会使“卡西尼号”的角动量改变，导致轨道定向的变化。

当宇宙飞船从卫星的“背部”越过时，会获得相对主天体更快的飞行速度，也获得更大的轨道能量。这种情形，就像是用弹弓把宇宙飞船抛向一个更大的运行轨道一样。因为导航可以控制飞船的飞行轨道，我们也可以让宇宙飞船从卫星的“前面”飞过，这样就能减慢它的飞行速度（也降低它的轨道能量）。我们甚至可以让宇宙飞船在卫星的“头顶”或“脚底”飞行，以改变它的速度方向——也就是说，只改变宇宙飞船轨道的方向和角动量。当然，所有的这些变化反过来也会造成卫星轨道能量和角动量的变化。不过因为卫星的质量很大，因此跟其他影响卫星轨道的作用力相比，弹弓效应造成的变化就显得微不足道了。

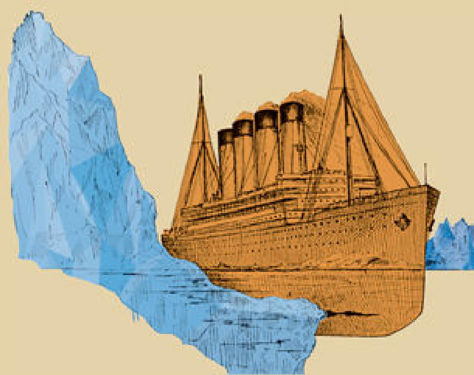
有趣的是，改变宇宙飞船飞行的弹弓效应只是模仿了在太阳系中经常发生的一种现象。太阳系之外的彗星就常常由于大行星（主要是木星）的引力而被拽进太阳系内。

◎译者：徐彬



"十二五"国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列





不可思议的科技史

《科学美国人》记录的400个精彩瞬间

《环球科学》杂志社
外研社科学出版工作室 编

汇集近百幅珍贵历史图片，收录二十余位诺贝尔奖得主文章



达尔文引发的争论　　冲上云霄的莱特兄弟
痛失"泰坦尼克号"　　爱迪生论城市照明
非凡的居里夫人　　克里克论遗传密码
……

外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS



"十二五"国家重点
出版物出版规划项目

《科学美国人》精选系列



不可思议的科技史

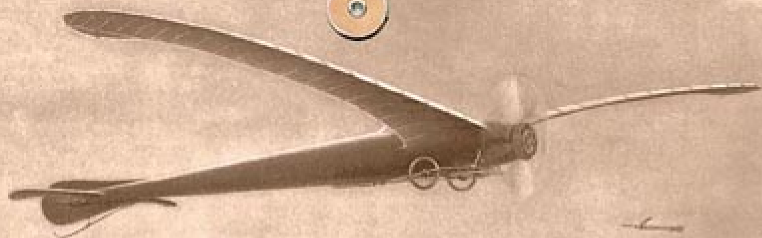
《科学美国人》记录的400个精彩瞬间



《环球科学》杂志社　外研社科学出版工作室　编



注意！你即将翻开的是意想不到的科学档案！



外语教学与研究出版社
FOREIGN LANGUAGE TEACHING AND RESEARCH PRESS
北京 BEIJING

Copyright © Foreign Language Teaching and Research Press 2016

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of Foreign Language Teaching and Research Press.

本书版权由外语教学与研究出版社独家所有。如未获得该社书面同意，书中任何部分之文字及图片，不得用任何方式抄袭、节录、翻印或存储利用于任何数据库及检索系统等。

Published by Foreign Language Teaching and Research Press

No. 19 Xisanhuan Beilu

Beijing, China 100089

http://www.fltrp.com

图书在版编目（**CIP**）数据

不可思议的科技史：《科学美国人》记录的400个精彩瞬间 / 《环球科学》杂志社，外研社科学出版工作室编．——北京：外语教学与研究出版社，2015.12

（《科学美国人》精选系列）

ISBN 978-7-5135-7019-0

Ⅰ．①不… Ⅱ．①环… ②外… Ⅲ．①科学技术 - 技术史 - 世界 - 普及读物 Ⅳ．①N091-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第009677号

出版人　　蔡剑峰
责任编辑　蔡　迪
出版发行　外语教学与研究出版社
社　　址　北京市西三环北路19号（100089）
网　　址　http://www.fltrp.com
版　　次　2016年12月第1版
书　　号　ISBN 978-7-5135-7019-0

凡侵权、盗版书籍线索，请联系我社法律事务部
举报电话：（010）88817519
电子邮箱：banquan@fltrp.com
法律顾问：立方律师事务所　刘旭东律师
　　　　　中咨律师事务所　殷　斌律师

目　录
CONTENTS

《科学美国人》精选系列
序
前言
出版说明
第一部分　步入工业时代（150年前：1856～1863年）
　　发明构筑机械王国
　　生产变革的动力
　　技术进步改变生活
　　在困境和灾难中前行
　　探索未知的世界
第二部分　科技腾飞的年代（100年前：1906～1913年）
　　发明推动技术革新
　　飞机的诞生及应用
　　蓬勃发展的交通运输业
　　“一战”前的社会生活
　　医疗卫生保障健康
　　科学的兴起与发现
第三部分　影响空前的科技推动力（50年前：1956～1963年）
　　太空时代的新技术
　　上天入地的科学探索
　　方兴未艾的生物学与医学
　　核阴影笼罩下的人与社会
文章标题索引
图片版权

返回总目录

《科学美国人》简介

《科学美国人》（*Scientific American*）创刊于1845年8月，是美国历史悠久并保持连续出版的科普杂志。《科学美国人》一直致力于用生动而严谨的文字和丰富优美的图片向大众报道最新的科学发现和技术发展动态，传播科学理念，深受几代读者的欢迎。《科学美国人》汇集了各个时代的杰出科学家和科学记者，在其170余年的出版历史中，先后有包括阿尔伯特·爱因斯坦在内的150余位诺贝尔奖获得者为该刊撰写过文章。

《科学美国人》精选系列

丛书顾问

陈宗周

丛书主编

刘　芳　章思英

褚　波　刘晓楠

丛书编委（按姓氏笔画排序）

丁家琦　朱元刚　杜建刚　吴　兰　何　铭

罗　凯　赵凤轩　韩晶晶　蔡　迪　廖红艳

本书译者（按姓氏笔画排序）

王　丹　孙　婷　红　猪　胡秋红　徐　彬

徐　蔚　徐谷子　褚　波

序

历史导向的科普与在科普中历史的“前沿”

刘兵

科学普及（简称科普），应该普及什么内容，至今已经有了不少的讨论。传统意义上的科普，其主要目的是向大众普及具体的科学知识，尤其是前沿的科学知识。后来人们逐渐意识到，除了具体的科学知识，科普其实还可以而且应该包含更多的内容，并且应该具备人文的视野和关怀。就此而言，将科学史内容纳入到科学普及的范畴当中，是恰如其分的。

但是，在比较常见的涉及科学史内容的科普中，所利用、所传达的科学史内容大多又是比较“标准”的科学史。所谓“标准”的科学史，大约是指那种按照目前的研究和标准较有“定论”的历史。不过，这样的有所谓“定论”的历史，与当时实际的情形，经常有一定的差异。

《科学美国人》在国际范围内，是一本一流的科普期刊。从这本期刊上选取经典科普文章，对于国内的读者来说，是很有价值的科普。不仅于此，这本刊物上还有另外一些为现在的科普所缺少，但却另有价值的内容。这本书恰恰就是在这种有新意的视角下，选择了新的另有价值的内容。

具体地讲，这本刊物多年来，一直设有“经典回眸”栏目。该栏目选择不同的时间节点来报道和观察若干年前的科学和技术进展。这样的时间选择跨度会达150年之久。也正像我们所知道的那样，在不同的历史时期，人们对科学和技术进展的判断和评价是不同的。以此类推，甚至我们可以说，人们目前对当下科学和技术进展的判断和评价，在若干若干年之后的人们看来，也会显得有些“幼稚”或“可笑”。但无论是过去的认识还是现在的认识，它们虽然不是永恒不变的，却又是曾经真实地存在过。这本书，精选在过去不同历史时期人们对当时和以前的科学技术进展的看法，会让读者有一种更加贴近当时历史的生动感受。这既是一份珍贵的、富有启发性的史料，同时作为科普的内容，也会让读者通过历史的视角，对科学和技术有一种新的看法，意识到科学和技术是在不

断发展变化而非一劳永逸的，意识到人类对科学和技术的研究总是有局限性的。

在目前科普出版成为热点的情况下，要将科普做出新意并非易事。也正由于以上的原因，我们可以说，这本书恰恰是科普领域中很少见的颇有新意的新类型，这是非常令人欣喜的。

希望读者通过阅读此书，能够对科学和技术有新的感受、新的理解，并将这种意识内化为一种新的方式，去看待人类是如何认识世界和认识自身的。这将是科普的一种新意义。

2015年7月1日于清华园荷清苑

前言

科学奇迹的见证者

陈宗周

《环球科学》杂志社社长

1845年8月28日，一张名为《科学美国人》的科普小报在美国纽约诞生了。创刊之时，创办者鲁弗斯·波特（Rufus M. Porter）就曾豪迈地放言：当其他时政报和大众报被人遗忘时，我们的刊物仍将保持它的优点与价值。

他说对了，当同时或之后创办的大多数美国报刊都消失得无影无踪时，170岁的《科学美国人》依然青春常驻、风采迷人。

如今，《科学美国人》早已由最初的科普小报变成了印刷精美、内容丰富的月刊，成为全球科普杂志的标杆。到目前为止，它的作者，包括了爱因斯坦、玻尔等150余位诺贝尔奖得主——他们中的大多数是在成为《科学美国人》的作者之后，再摘取了那顶桂冠的。它的无数读者，从爱迪生到比尔·盖茨，都在《科学美国人》这里获得知识与灵感。

从创刊到今天的一个多世纪里，《科学美国人》一直是世界前沿科学的记录者，是一个个科学奇迹的见证者。1877年，爱迪生发明了留声机，当他带着那个人类历史上从未有过的机器怪物在纽约宣传时，他的第一站便选择了《科学美国人》编辑部。爱迪生径直走进编辑部，把机器放在一张办公桌上，然后留声机开始说话了："编辑先生们，你们伏案工作很辛苦，爱迪生先生托我向你们问好！"正在工作的编辑们惊讶得目瞪口呆，手中的笔停在空中，久久不能落下。这一幕，被《科学美国人》记录下来。1877年12月，《科学美国人》刊文，详细介绍了爱迪生的这一伟大发明，留声机从此载入史册。

留声机，不过是《科学美国人》见证的无数科学奇迹和科学发现中的一个例子。

可以简要看看《科学美国人》报道的历史：达尔文发表《物种起源》，《科学美国人》马上跟进，进行了深度报道；莱特兄弟在《科学美国人》编辑的激励下，揭示了他们飞行器的细节，刊物还发表评论并

给莱特兄弟颁发银质奖杯，作为对他们飞行距离不断进步的奖励；当“太空时代”开启，《科学美国人》立即浓墨重彩地报道，把人类太空探索的新成果、新思维传播给大众。

今天，科学技术的发展更加迅猛，《科学美国人》的报道因此更加精彩纷呈。新能源汽车、私人航天飞行、光伏发电、干细胞医疗、DNA计算机、家用机器人、“上帝粒子”、量子通信……《科学美国人》始终把读者带领到科学最前沿，一起见证科学奇迹。

《科学美国人》也将追求科学严谨与科学通俗相结合的传统保持至今并与时俱进。于是，在今天的互联网时代，《科学美国人》及其网站当之无愧地成为报道世界前沿科学、普及科学知识的最权威科普媒体。

科学是无国界的，《科学美国人》也很快传向了全世界。今天，包括中文版在内，《科学美国人》在全球用15种语言出版国际版本。

《科学美国人》在中国的故事同样传奇。这本科普杂志与中国结缘，是杨振宁先生牵线，并得到了党和国家领导人的热心支持。1972年7月1日，在周恩来总理于人民大会堂新疆厅举行的宴请中，杨先生向周总理提出了建议：中国要加强科普工作，《科学美国人》这样的优秀科普刊物，值得引进和翻译。由于中国当时正处于“文革”时期，杨先生的建议6年后才得到落实。1978年，在“全国科学大会”召开前夕，《科学美国人》杂志中文版开始试刊。1979年，《科学美国人》中文版正式出版。《科学美国人》引入中国，还得到了时任副总理的邓小平以及时任国家科委主任的方毅（后担任副总理）的支持。一本科普刊物在中国受到如此高度的关注，体现了国家对科普工作的重视，同时，也反映出刊物本身的科学魅力。

如今，《科学美国人》在中国的传奇故事仍在续写。作为《科学美国人》在中国的版权合作方，《环球科学》杂志在新时期下，充分利用互联网时代全新的通信、翻译与编辑手段，让《科学美国人》的中文内容更贴近今天读者的需求，更广泛地接触到普通大众，迅速成为了中国影响力最大的科普期刊之一。

《科学美国人》的特色与风格十分鲜明。它刊出的文章，大多由工作在科学最前沿的科学家撰写，他们在写作过程中会与具有科学敏感性和科普传播经验的科学编辑进行反复讨论。科学家与科学编辑之间充分交流，有时还有科学作家与科学记者加入写作团队，这样的科普创作过程，保证了文章能够真实、准确地报道科学前沿，同时也让读者大众阅

读时兴趣盎然，激发起他们对科学的关注与热爱。这种追求科学前沿性、严谨性与科学通俗性、普及性相结合的办刊特色，使《科学美国人》在科学家和大众中都赢得了巨大声誉。

《科学美国人》的风格也很引人注目。以英文版语言风格为例，所刊文章语言规范、严谨，但又生动、活泼，甚至不乏幽默，并且反映了当代英语的发展与变化。由于《科学美国人》反映了最新的科学知识，又反映了规范、新鲜的英语，因而它的内容常常被美国针对外国留学生的英语水平考试选作试题，近年有时也出现在中国全国性的英语考试试题中。

《环球科学》创刊后，很注意保持《科学美国人》的特色与风格，并根据中国读者的需求有所创新，同样受到了广泛欢迎，有些内容还被选入国家考试的试题。

为了让更多中国读者了解世界科学的最新进展与成就、开阔科学视野、提升科学素养与创新能力，《环球科学》杂志社和外语教学与研究出版社展开合作，编辑出版能反映科学前沿动态和最新科学思维、科学方法与科学理念的“《科学美国人》精选系列”丛书，包括“科学最前沿”（共7册）、“专栏作家文集”（共4册）、《不可思议的科技史》、《再稀奇古怪的问题也有个科学答案》、《生机无限：医学2.0》、《快乐从何而来》、《2036，气候或将灾变》和《改变世界的非凡发现》等。

丛书内容精选自近几年《环球科学》刊载的文章，按主题划分，结集出版。这些主题汇总起来，构成了今天世界科学的全貌。

丛书的特色与风格也正如《环球科学》和《科学美国人》一样，中国读者不仅能从中了解科学前沿和最新的科学理念，还能受到科学大师的思想启迪与精神感染，并了解世界最顶尖的科学记者与撰稿人如何报道科学进展与事件。

在我们努力建设创新型国家的今天，编辑出版“《科学美国人》精选系列”丛书，无疑具有很重要的意义。展望未来，我们希望，在《环球科学》以及这些丛书的读者中，能出现像爱因斯坦那样的科学家、爱迪生那样的发明家、比尔·盖茨那样的科技企业家。我们相信，我们的读者会创造出无数的科学奇迹。

未来中国，一切皆有可能。

陈学佩

出版说明

《科学美国人》是全球极具影响力的科普杂志。从1845年创刊以来，它一直坚持用通俗晓畅的文字，报道一个又一个重大科学成果，见证世界科学的每一次进步。莱特兄弟、爱迪生、居里夫人、伽莫夫、克里克等人都曾在此发表文章。至今该杂志已有150余位作者获得诺贝尔奖。

为了让读者在了解最新的科技进展的同时，也能回顾科学发展的轨迹，从1936年开始，《科学美国人》设立了“经典回眸”栏目（当时的英文名为*50 Years Ago in Scientific American*），精选50年前的报道，让读者了解当时的科学发展状况。随着时间的流逝，《科学美国人》的历史也越来越厚重。为了更加全面、更加完整地呈现科学发展的轨迹，从1946年开始，“经典回眸”栏目选择50年前和100年前这两个时间节点，利用《科学美国人》上更大时间跨度的历史报道，展现科学的发展。基于同样的原因，“经典回眸”栏目在1995年做了第三次内容调整，每一期摘选50年前、100年前和150年前的文章呈献给读者。迄今，这个栏目已经存在80年。

从历史悠久的《科学美国人》中选取文章形成“经典回眸”栏目，经过了《科学美国人》编辑的深思熟虑。重要的科学研究和成果的报道，诺贝尔奖得主、某个领域的开创者或引领者的重要观点表述，与重大社会变革相关的科学事件的记述，都会纳入到文章选择的范围。但是，科学的发展并非一帆风顺，重要的科学进展和成果往往是在多方研究并经过争论、排除了错误的观点后，才逐渐取得的。因此，只要对某一领域的重大变革产生了推动作用，哪怕它只是一个启示，甚至是在现在看来已被摒弃的想法，也会被选入“经典回眸”栏目。

科学的发展从来都是社会的变革动力，因此“经典回眸”栏目的选篇并没有局限在科学的范畴。最近几十年，科学体系已经逐步完善，科学研究更加专业化，各学科的划分也日渐清晰起来，这在50年前的文章中已有所体现。而在二战以前，对科学技术的介绍和科技对社会影响的评论占据了主导，科技创新集中体现在新的发明上，比如爱迪生的电灯、莱特兄弟的飞机等，时间越久远这种倾向越是明显。尤其是在150年

前，那时科技革命进行得如火如荼，新的技术发明层出不穷，它们不仅改变了生产方式，也改变了人们的生活。因此，《科学美国人》在创刊后的几十年中，更多地刊载了技术革新报道、专利介绍，甚至是奇闻趣谈。选取这些文章，不仅能让读者身临其境地感受到随着科技进步人们生活的变化，也能让读者从侧面了解到科学报道专业化和标准化的进程。

为了让读者对选文的历史背景和相关信息有更加全面的了解，《科学美国人》的编辑在将文章摘选至“经典回眸”栏目时增加了一些注释，这些注释在书中以“编者注”的形式呈现。在中文杂志翻译及图书编辑中，为了帮助中国读者理解文章，译者、《环球科学》（《科学美国人》中文版）的编辑和图书编辑又适当增加了一部分注释，这些注释在书中以“译者注”和“环球科学小词典”的形式呈现。部分文章在杂志刊载时，考虑到有些作者在某些领域做出了特殊贡献，其中一些作者获得了诺贝尔奖，《科学美国人》的编辑认为作者信息对该文章有特殊意义，因此在文后特别注明了作者，并为有些作者添加了注释。考虑到作者信息对文章的意义，在编辑图书时这些信息得到了保留。人名等专有名词，在图书编辑时则根据文章刊载时的说法酌情统一。书中近百幅来自《科学美国人》的珍贵历史图片，其原始刊载年代在图注中予以标明。书中所有文章均摘自《科学美国人》，按照150年前、100年前和50年前的时间顺序分为三大章节。每个章节中的文章按照内容分为若干部分，每个部分分设若干小标题。图书附有文章标题索引以便读者快速查找。

《不可思议的科技史》摘取《科学美国人》记录的400余个精彩瞬间，希望通过展现150年前、100年前和50年前的科技以及当时人们的生活原貌，还原科学的本初，激发创新的灵感，带领读者感受科技发展的无穷魅力。

第一部分　步入工业时代（150年前：1856～1863年）

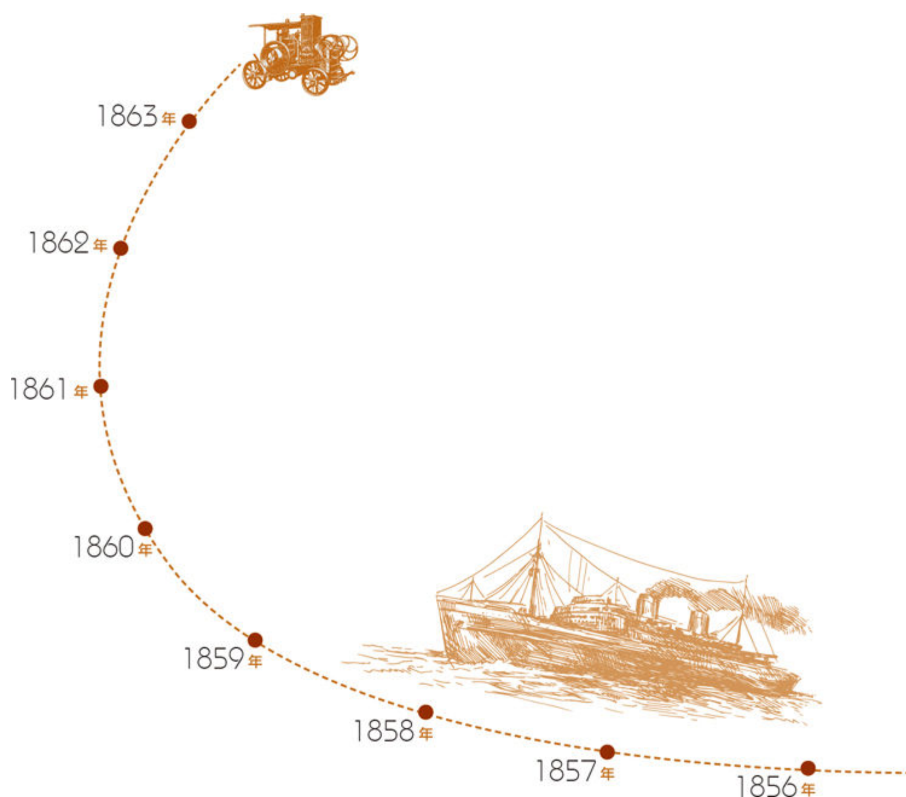
发明构筑机械王国

生产变革的动力

技术进步改变生活

在困境和灾难中前行

探索未知的世界



19世纪中叶，第一次工业革命即将完成。在这个时期，新的生产工具层出不穷，技术的进步使生产方式逐渐实现了机械化，生产力得到显著提升，人们的生活方式也发生了改变。变革中的困难难以避免，但是这些阻挡不了时代发展的脚步。工业化的画卷已经展开。

发明构筑机械王国

1856年

6月　JUNE

第一次水下摄影

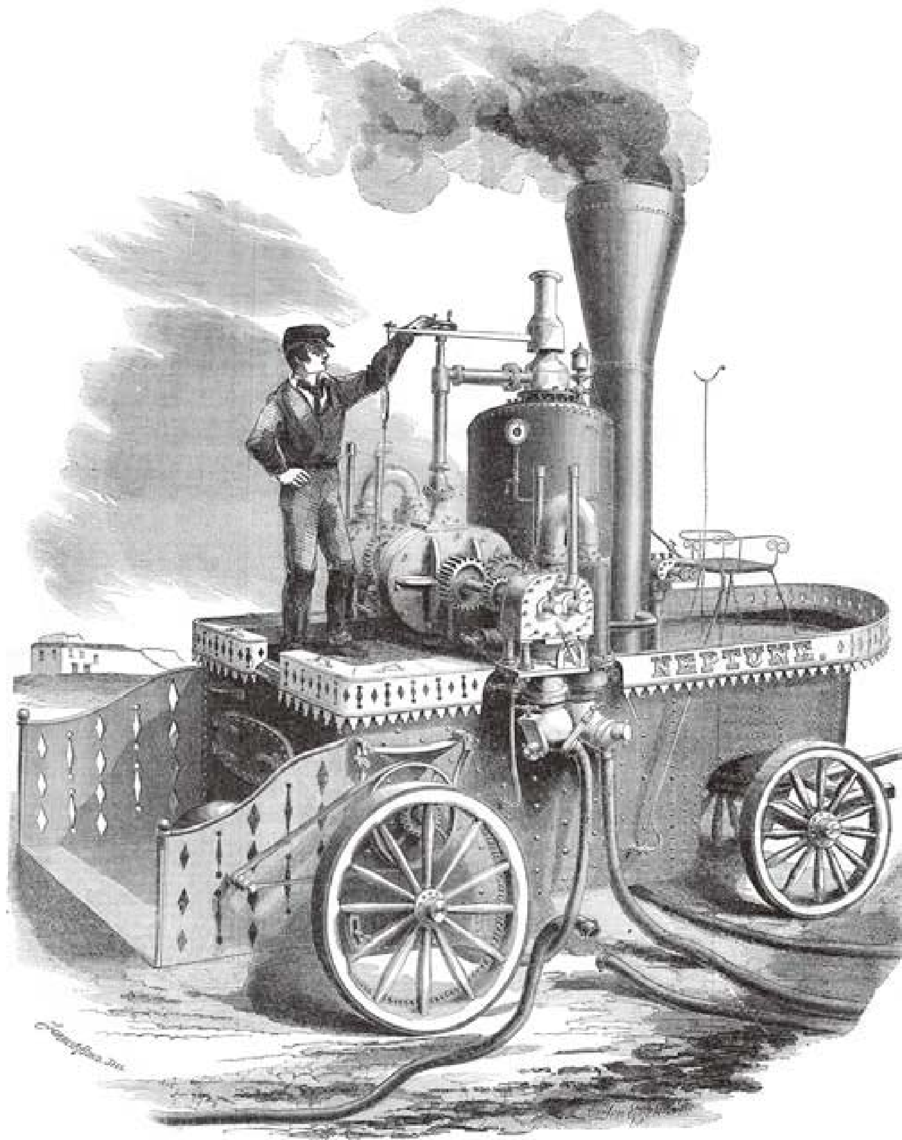
在《工艺协会会刊》（*Journal of the Society of Arts*）杂志上，来自英国韦茅斯的威廉·汤普森（William　Thompson）介绍了他的海底拍摄方法。汤普森的拍摄地点位于韦茅斯湾3英寻（约5.5米）深的海底。在沉入海底时，照相机被放置在一个前部由玻璃板制成，带有活动快门的盒子里。到达海底后，快门就会被打开，感光板大约会曝光10分钟。然后，盒子被拉回到船上，人们就可以依照常规程序处理影像了。那些躺在海湾深处的岩石和海藻由此得以展现在人们面前。汤普森预测，这一技术将为研究水下桥墩、桥梁、堆料、建筑和岩石的状况提供一条便捷、经济的途径。

1856年

11月　NOVEMBER

蒸汽消防车

下面这张版画所展现的是一辆名叫“海神号”（Neptune）的旋转型蒸汽消防车。它由纽约州塞尼卡·福尔斯（Seneca　Falls）的“艾兰工厂”（Island　Works）制造。在消防车的蒸汽发动机和压力泵上，都采用了椭圆形的旋转活塞。1855年9月10日至11日，在塞尼卡福尔斯举行的消防比赛中，这台消防车喷射出了两根直径为1.5英寸（约3.8厘米）的水柱，水平喷射距离达170英尺（约52米）。



蒸汽驱动的“海神号”消防车（1856年）

1857年

3月　MARCH

铺设电缆

海军部长已经下达命令，派遣美国汽船“尼亚加拉号”（Niagara）

和“密西西比号”（Mississippi）今年夏季驶往英国，协助铺设纽芬兰和爱尔兰之间的海底电报电缆。“尼亚加拉号”是世界上最大的战舰，而“密西西比号”则是美国海军中马力最大的明轮汽船。至于英国政府将派遣什么样的船只来完成这项任务，我们尚未知晓。“尼亚加拉号”将在伦敦或利物浦接到一半电缆，另外一半电缆将放置在英国海军舰船上。很多日报都对这一事件给予了恰当的评价：“两大强国的战舰并非出于作战目的，而是为了完成连接两个半球的和平使命而在海上会合，这标志着人类文明的进步。”

1857年

6月　JUNE

电动机

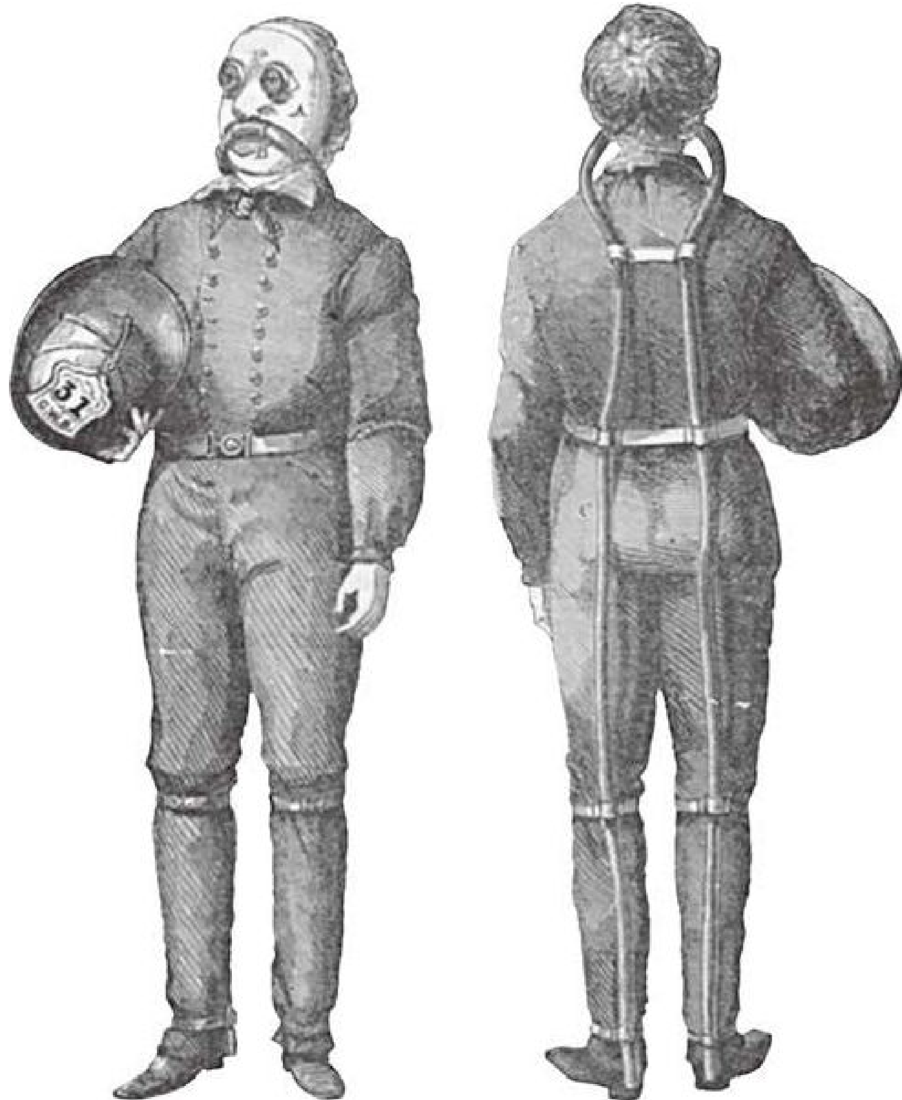
我们承认，韦尔涅教授（Prof.　Vergnes）的电磁发动机搭配了蒸汽锅炉后，的确杜绝了发动机电池爆炸的危险，但这款电动机不够简单也不够小巧，比蒸汽机加上其所有附件还要复杂。与许多功率超过20马力（约14.7千瓦）的蒸汽机相比，韦尔涅在水晶宫展示的大型电磁发动机携带了128节电池，机身和电池占据了很大的空间，而它所输出的功率据说还不到10马力（约7.4千瓦）[并且凭我们对现场操作的观察判断，它的功率甚至不到5马力（约3.7千瓦）]。

1857年

7月　JULY

消防面具

如果房间的烟尘积聚到一定程度，在人体高度以上的空间，就没有足够的氧气可供呼吸。然而，通常在贴近地面的空间里，仍然有一些凉爽、新鲜的空气。利用这一条件，一种紧贴面部的供气式消防面具诞生了（见下图）。通过面具上附带的氧气管，人们就可以呼吸到新鲜空气——因为氧气管末端距离地板仅有1～2英寸（约2.54～5.08厘米）。



消防面具：保护消防员（1857年）

1858年

2月　FEBRUARY

冷蒸汽

亨利·佩因（Henry　Paine）的发明常令世人叹服，比如他发明的电动“水煤气灯”令太阳都黯然失色。日前，美国马萨诸塞州伍斯特市的

《间谍》（*Spy*）杂志介绍了他的又一项伟大发明。简单说来，这项发明就是“冷蒸汽机”，它既不依靠锅炉制造蒸汽，也不必使水沸腾，而且装水的容器也不会变热。它将会取代具有安全隐患的巨大蒸汽炉。机器模型已在佩因的一些朋友面前展示过，他们对此表示赞赏。《间谍》杂志如此评价它：“这一装置太不可思议，只有亲眼见到才能让人相信。”

1858年

6月　JUNE

苯胺染料

4年前，英国著名化学家弗雷德里克·格雷斯·卡尔弗特（Frederick Grace Calvert）曾预言：“不久后，科学家将会从煤炭中提取极具价值的染料。”几个星期前，卡尔弗特向伦敦工艺协会展示了一种能与苔色素（一种植物染料）相媲美的蓝紫色染料。这种染料的最大优势在于，它遇光不会分解。现在，两位颇有前途的发明家威廉·亨利·珀金（William Henry Perkin）和阿瑟·赫伯特·丘奇（Arthur Herbert Church）已从煤焦油的碱中提取出这种染料。由于这种染料的类别很多，他们将其分为两类：亚硝基苯胺（nitroso-phenyline）和亚硝基萘胺（nitroso-naphthyline）。这些染料已尝试在丝绸染色中使用，染色速度很快。

1858年

7月　JULY

电报的发明者

众所周知，英国人声称电磁式电报（magnetic telegraph）是由英国人惠斯通教授（Prof. Wheatstone）发明的。而跨越大西洋电报公司的成立，则让更多的欧洲人开始讨论，谁才是电报的真正发明者。法国巴黎的《通报》（*Moniteur*）认为，莫尔斯（Morse）虽不是电报原理的创立者，却是第一个将该原理投入实际应用的人。

ABC　环球科学小词典

电报的发明者：虽然早在19世纪初，就有人开始研制电报，但实用电磁电报的发明，

主要归功于英国科学家库克、惠斯通和美国科学家莫尔斯。1836年，库克制成电磁电报机，并于次年申请了首个电报专利。惠斯通则是库克的合作者。莫尔斯原本是美国的一流画家，出于兴趣，他在1835年研制出电磁电报机的样机，后又根据电流通、断掉时出现电火花和没有电火花两种信号，于1838年发明了由点、划组成的“莫尔斯电码”。

1858年

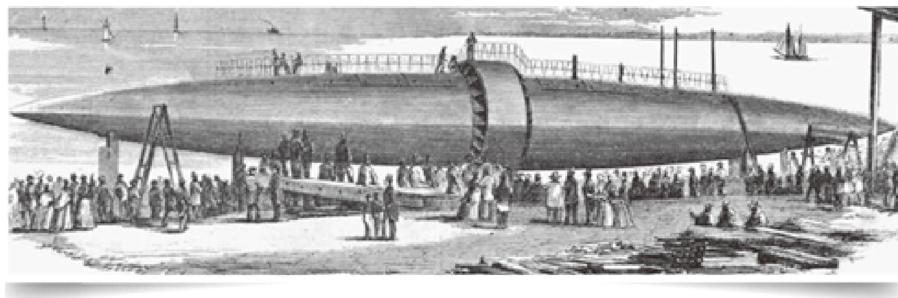
8月　AUGUST

大西洋电报

8月16日晚，接收到英国维多利亚女王（Queen Victoria）电报的消息让整个美国疯狂。消息迅速传开，公告栏前挤满了蜂拥而至的人们。然而，起初民众十分失望，因为女王发送的信息只有一部分被送达，不过剩余的信息第二天就被收到了。这封皇家电报的开头是这样的，“致美国总统：对这一伟大国际工程的完成，女王向总统表示祝贺。”詹姆斯·布坎南总统（President James Buchanan）在他的回复中表示：“希望在上天的庇护下，沟通大西洋两岸的电报会成为维系同宗同源的国家间永久和平及友谊的纽带，这台神圣的机器将在全世界传播宗教、文明、自由及法律。”

ABC　环球科学小词典

越洋电报：为了实现更快捷的国际通信，英国从1857年开始铺设世界第一条横跨大西洋，连接欧洲和北美的海底电报线缆。1858年8月5日，这条线缆铺设成功，英国女王维多利亚在11天之后（即8月16日），向美国总统布坎南发出第一封越洋电报，引起了全世界的关注。然而在两个月后，由于存在严重技术问题，这条线路便无法继续使用了。



建造中的怀南斯蒸汽船：这种设计虽有新颖之处，但无论怎样改进都不具有航海价值

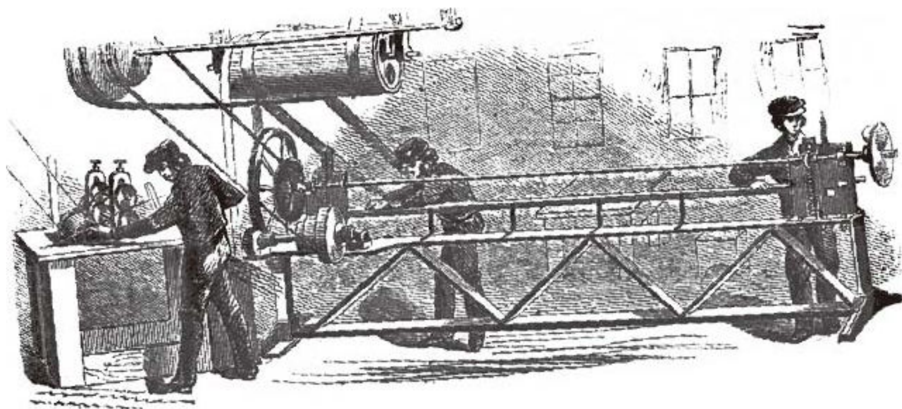
（1858年）。

1858年

11月　NOVEMBER

无价值的船

我们曾在两周前提到，美国马里兰州巴尔的摩市的几位怀南斯先生（Messrs.　Winans）正在建造新式蒸汽船。现在，我们根据照片来介绍这艘船的结构。推进器安装在船的中间，带有套筒防护装置，以防止漂流物以及停泊码头对船造成损坏。船体还将设有通风装置、烟囱和操舵室。但这艘船有个严重缺陷：没有帆，一旦机器出现故障，船就只能像圆木一样随波逐流。无论这艘船的构件有多么坚固，它的整体构造仍不稳定，在汹涌的波涛中，只能算一个漂浮在水中的圆桶（见上图）。



工业革命与铁制品：纽约金属栏杆公司（1859年）

1859年

2月　FEBRUARY

工业时代

在美国，一种较新的工艺已经被应用到了栏杆、围栏、家具等铁质品的初加工中。尽管在很久以前，人们就知道熟铁比其他材料更坚韧，而且刷上漆后在露天情况下不易腐蚀，但按照实际需求，将铁柱或铁条

铸造成美观、结实、耐用的各种器具，却因为需要投入大量人力而难以实现。因此只有靠天才发明家的努力，才能将熟铁推向实际应用。这样就催生了一些制造厂商的出现，比如纽约金属栏杆公司（见上图）。

1859年

4月　APRIL

专利代理

位于华盛顿的美国专利局可谓创新发明的宝库和不朽见证。由于很多发明人要为他们的发明寻求专利保护，而且专利申请需要申请人认真仔细地准备材料，因此“专利代理人”“专利律师”等职业应运而生。在与专利局的业务交往中，这些人就像法庭上的律师一样，扮演了非常重要的角色。说到《科学美国人》（*Scientific American*）的专利代理部，我们可以肯定地说，从1846年至今，在审查新专利的数量上，我们超过了美国其他任何专利代理机构。图片中展示的就是位于纽约的《科学美国人》专利代理部。



位于纽约的《科学美国人》专利代理部（1859年）

1860年

5月　MAY

电灯灯塔

英国皇家学会会员法拉第教授（Prof.　Faraday）描述了霍姆斯教授（Prof. Holmes）将电灯用于英国南福尔兰角灯塔的情况："两台磁电机（利用永久磁铁产生磁场的小型交流发电机）安装在南福尔兰角灯塔内，每台机器都由一台2马力（约1.47千瓦）的蒸汽机驱动。除了机器磨损产生的消耗，其他的全部消耗都是用于产生光。这些物质消耗包括蒸汽机锅炉里的煤和水，以及灯塔电灯中的碳棒。"毋庸置疑，电灯比其他任何形式的光源发出的光都要亮，但它的消耗，却远高于通常方式中使用菲涅尔透镜和最好的煤油（透镜灯塔中，一般以煤油灯作光源，由灯塔负责人手动操作发条装置，转动透镜系统集中光线）产生的消耗。

1860年

9月　SEPTEMBER

内燃机

在法国，一个名叫艾蒂安·勒努瓦（Étienne　Lenoir）的巴黎人展示的热力发动机引起了轰动。尽管勒努瓦的小店位置不佳，但每天都被好奇的人层层包围——上至王公贵族，下至贩夫走卒。《宇宙报》（*Cosmos*）和法国其他报纸宣称，蒸汽时代已经结束，瓦特（Watt）和富尔顿（Fulton，汽船的发明者）将很快被人遗忘——这就是法国人的行事风格。勒努瓦的机器是一种爆燃式发动机，在汽缸中以电火花引爆空气与氢气的或空气与照明气的混合气的方式，来推动活塞前后运动。这款发动机在实际应用中存在如下缺陷：运行时机身会振动，并不断聚积热量。虽然气体燃料比煤贵得多，但它非常清洁且易于使用，有一天必将广泛用于小型发动机——可以驱动缝纫机之类轻型机器的实用装置。

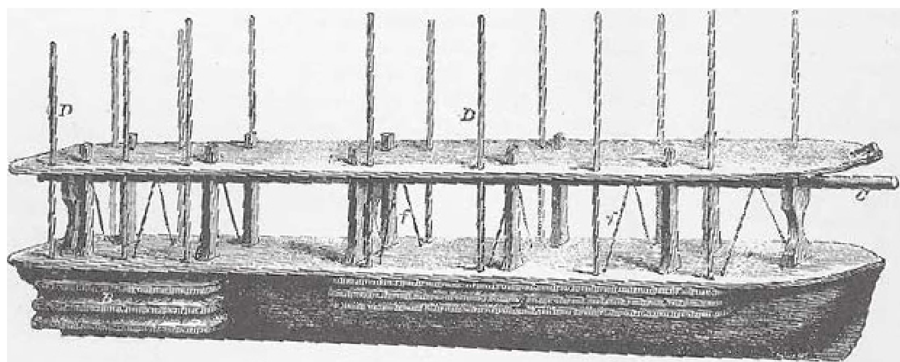
编者注：勒努瓦的发动机被认为是第一种具有实际商业价值的内燃机。

1860年

12月　DECEMBER

林肯的专利

最近，在专利局的日常事务处理中，一个浮船的专利模型引起了我们的注意。这项专利的发明者不是别人，正是美国新当选的总统林肯（Lincoln）。考虑到广大读者一定很期待看到这位杰出官员发明的装置，我们特意刊登了一张该模型的玻璃干版照片（见下图）。当然，在我们的读者中，能设计出更好的沙洲蒸汽浮船装置的机械工程师也许有好几千个，但他们中又有多少人能成功当选总统？



亚伯拉罕·林肯（Abraham Lincoln）发明的沙洲浮船（1860年）

1862年

6月　JUNE

差分机

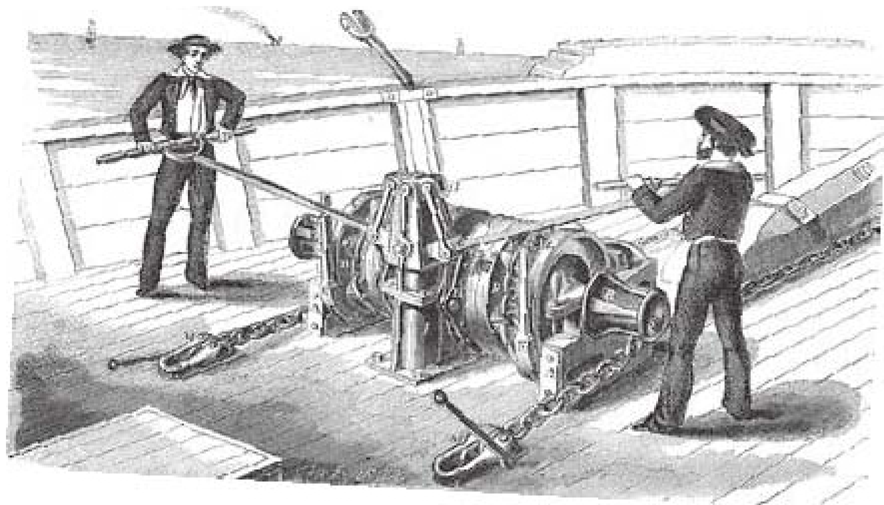
伦敦博览会上还有一件神器，那就是巴贝奇先生（Mr.　Babbage）那台伟大的差分机，它将实现二次式的计算，还能进行精确到小数点后7位的对数计算。拜伦勋爵（Lord　Byron）的女儿洛夫莱斯伯爵夫人（Lady　Lovelace）对这部机器的描述，促使斯德哥尔摩的舒尔兹（Scheutz）改进了机器。改进后的机器很快被英国政府买去，但没有在这次展会上展出——它正在萨默塞特宫，夜以继日地为民政局计算养老金和其他表格。

1862年

10月　OCTOBER

起锚开船

对于每一条驶入汹涌波涛中的船只来说，升降铁锚的齿轮都是保障安全行驶的重要装置。下面的版画展示的是一种形式独特、经过改进的齿轮装置。



无论帆船还是蒸汽船，水手都需要在船只出发前拉起铁锚。图中的起锚机获得了专利保护，它可以让这一操作更加快捷（1862年）。

1862年

12月　DECEMBER

升降梯

纽约州扬克斯的奥的斯兄弟（Otis　Brothers）制造了一台设计巧妙又非常实用的升降梯，专供商店和库房使用。在升降梯平台与绳索连接处的上方，可以看到棘轮的齿，它被固定在平台的升降导轨上。这个设计相当重要，它能在升降装置或绳索发生意外时，保护货物和附近人员的安全。

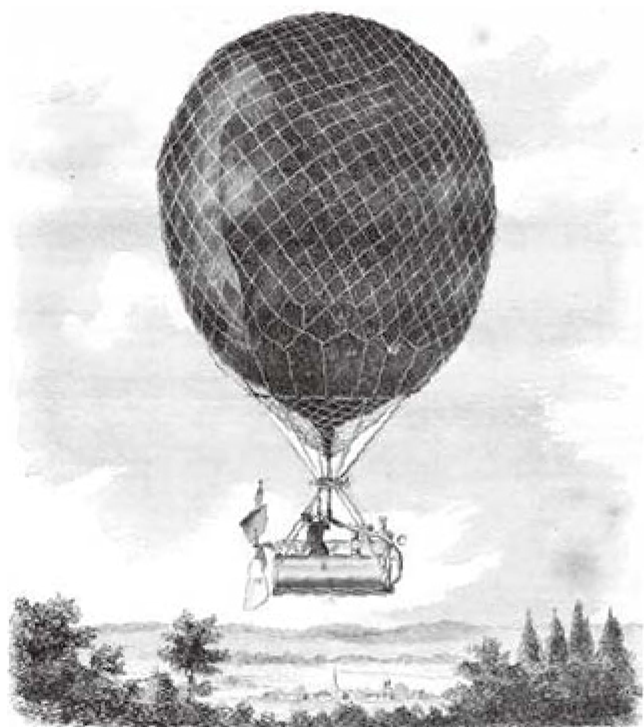
编者注：到2012年，奥的斯电梯公司共有2,400万台升降梯在全球运行。

1863年

3月　MARCH

可驾驶的热气球

从发明至今，热气球只在政府组织进行的试验中体现了实际用途，那就是在军事行动中侦查敌人的位置。内布拉斯加的托马斯·肖先生（Mr. Thomas Shaw）致力于热气球实验，现在自认为已经找到了随意控制热气球方向的办法。如下图所示，热气球末端装有一部风扇或螺旋桨，可由驾驶员操作。



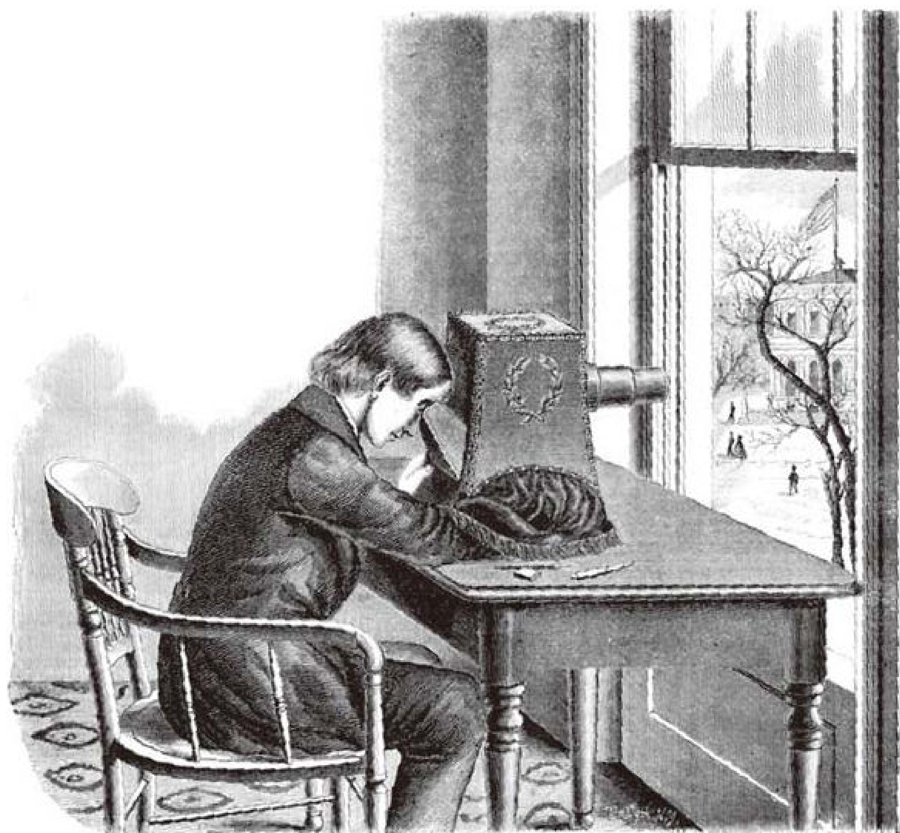
飞行实验：一种（至少从理论上说）更有用处的航空器（1863年）

1863年

6月　JUNE

胶片诞生前的相机

需要手眼协调的艺术创作有了一件价值不菲的辅助工具，名叫“暗箱”。这个箱子可把需要临摹的景物用镜头反射到几面镜子上，再由镜面投影到下方的白纸或画布上（最后再由人描画出来）。画家从暗箱侧面盖有幕布的开口伸手进去作画。这部装置最近刚刚获得了专利，它做工精良，外形优美。本刊的插画展示了它的全景立体图，以及一个学生用它来临摹纽约市政厅的情景。



暗箱：该装置将景物投射到纸张或画布上，再由一位艺术家用手工描画出来（1863年）。

1863年

12月　DECEMBER

首台录音设备

数月前，享誉巴黎学术界的爱德华-莱昂·斯科特·德马丁维尔

（Édouard-Léon Scott de Martinville），公开演示了数场十分有趣的实验——留存（或者说捕捉）声音。他参考了成功运用于摄影中的技术，通过留声机结构，巧妙地将构成声音的空气波动（声波）固化下来，使人们可以看到这些复杂精细的波形。但一个棘手的问题是，机器无法把这些难以理解的语言，转换回产生它的那种在我们日常表达中使用的常规字符。

编者注：这台设备，如今名为“声波记振仪”，只能用来记录声音，却无法将声音播放出来。

生产变革的动力

1856年

1月　JANUARY

国家的浪费

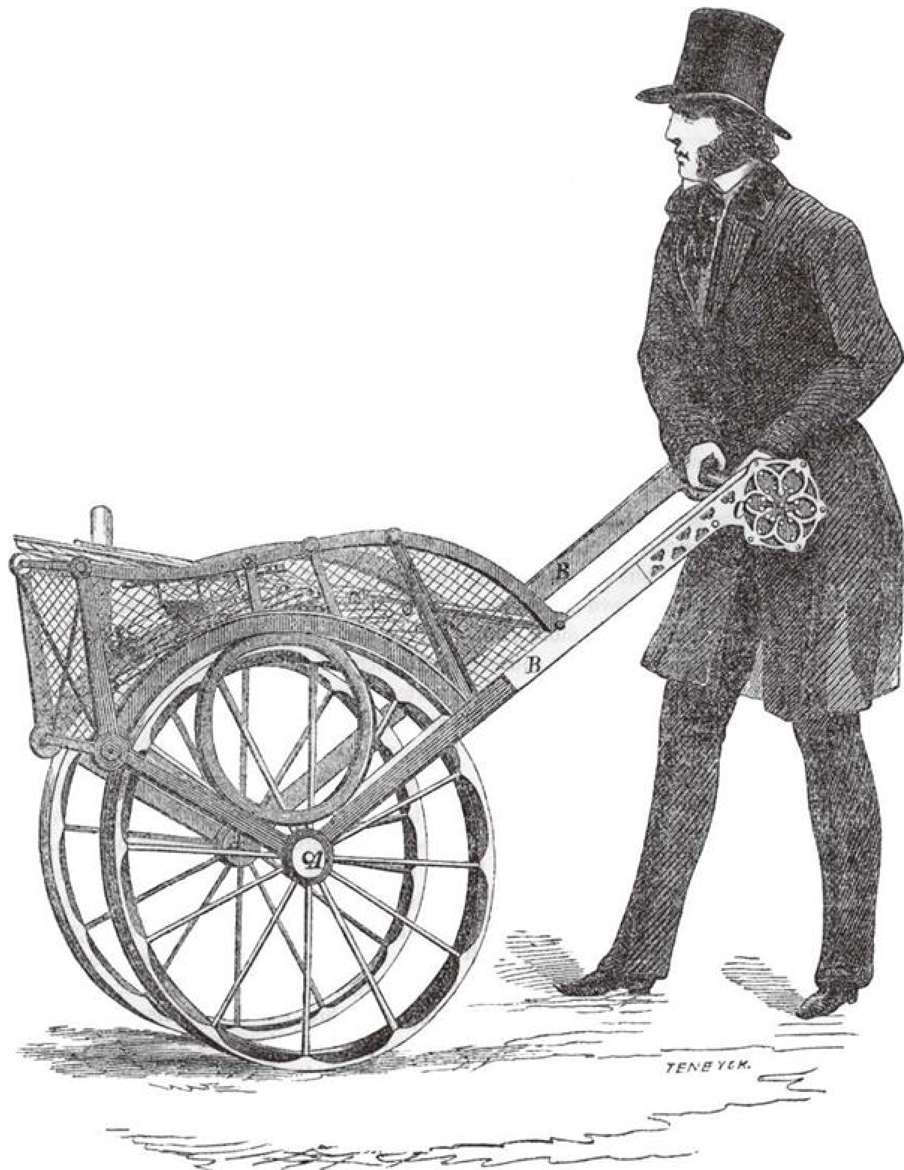
劳动力的分配，虽然可能在一定程度上改善国家的生产，但它对生产者本身却是非常不利的。制造针的最佳生产模式恐怕是将针的生产过程拆分为20个环节，让每个人都把全部注意力集中在一个简单的工序上。例如，让一个人学习针头部分的加工，并让他一直做这一项工作。当然，他完成这项工作的质量和速度都将是惊人的。但对这个人会造成什么样的后果呢？他的思维能力将减弱，而且长此以往，除了制作针头以外，他的脑袋里将别无他物。他将不再是一个人，而仅仅是一部机器。

1856年

5月　MAY

土地勘测员

插图中展示了一种巧妙便携、经过改良的工具，用于测量土地面积。它轻巧的轮子与手柄上的读数圆盘通过一根杆子连接起来。使用的时候，勘测员只要推着这个工具走过需要测量的土地就可以了。而使用链条测量时的枯燥乏味、走走停停、计算和调整都得以免除，这样就节省了大量时间，并能避免出现错误。



勘测装置：大大优于老式链条（1856年）。

1856年

11月　NOVEMBER

便宜的钢铁

亨利·贝塞麦（Henry Bessemer）改进了钢铁生产方式，由此获得了

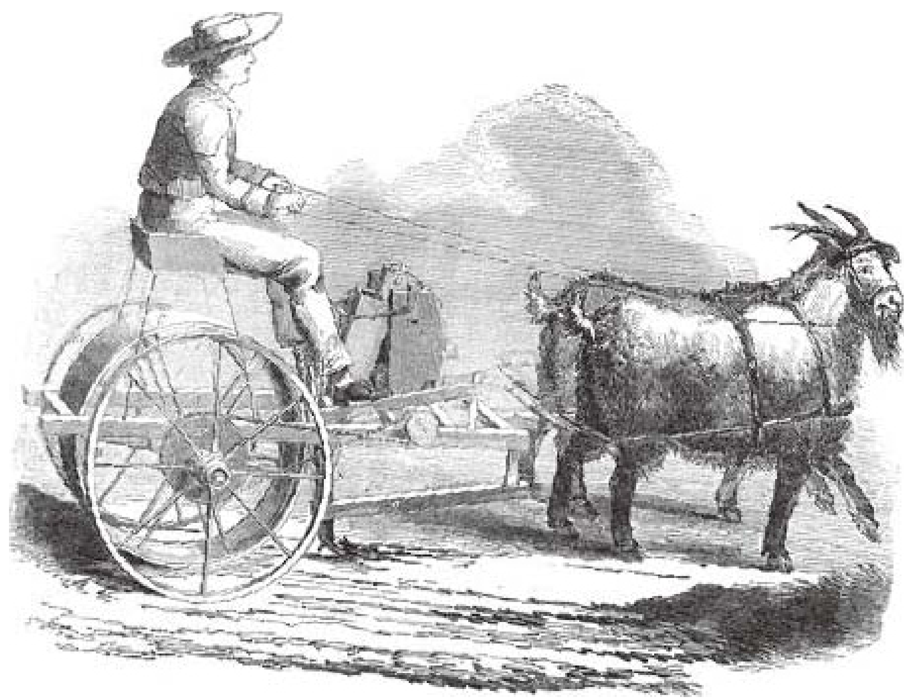
美国专利。这项专利基于贝塞麦在钢铁生产过程中的一个科学发现：把空气、蒸汽或者其他气体压入盛放生铁铁水的容器中，给铁水中的碳供应氧气，这样不需要燃料，钢铁中过量的碳就会自行燃烧掉。贝塞麦并不是第一个在生产过程中运用空气或者蒸汽的人，但他发现了氧化气体穿过铁水过程中消耗掉过量的碳的原因，因此获得了专利。

1857年

2月　FEBRUARY

伊利诺伊州的农业

下图中描绘的是位于伊利诺伊州莫林的赫德农场上的播种场面。在辽阔的大草场上，播种机正在工作。在播种机前面是一排牲口，看上去颇有气势。当它们拉着机器快速前进时，一粒粒种子就会播撒在肥沃的土地上。



正在草场上播种的农民（1857年）

1857年

5月　MAY

污秽的燃料

　　我们认为，除了可以当作涂抹在皮肤上治疗淤伤和风湿病的药膏外，来自美国加利福尼亚州“黑油泉”的液体石油没有任何特殊用途。尽管通过燃烧它产生光的效果相当好，但没有人受得了它那种刺鼻的气味。不过，我们也相信，在这个化学技术发达的时代，没有什么事情是不可能的。如果能够通过酸蒸馏法去掉难闻的气味，那么通过石油进行液体燃料生产就会成为一项具有经济价值而且利润丰厚的业务。

1857年

8月　AUGUST

收割机

　　这是美国伊利诺伊州芝加哥的塞缪尔·古梅尔（Samuel Gumaer）发明的收割机的透视图。当马拖着机器向前移动时，连接棒就会带动刀具连续地来回切割，使麦秆沿着刀锋边缘断落。收割机的速度可以自由调节。古梅尔先生估计，这种即将投入市场的收割机零售价格为65美元，这样的价格农民可以承受。



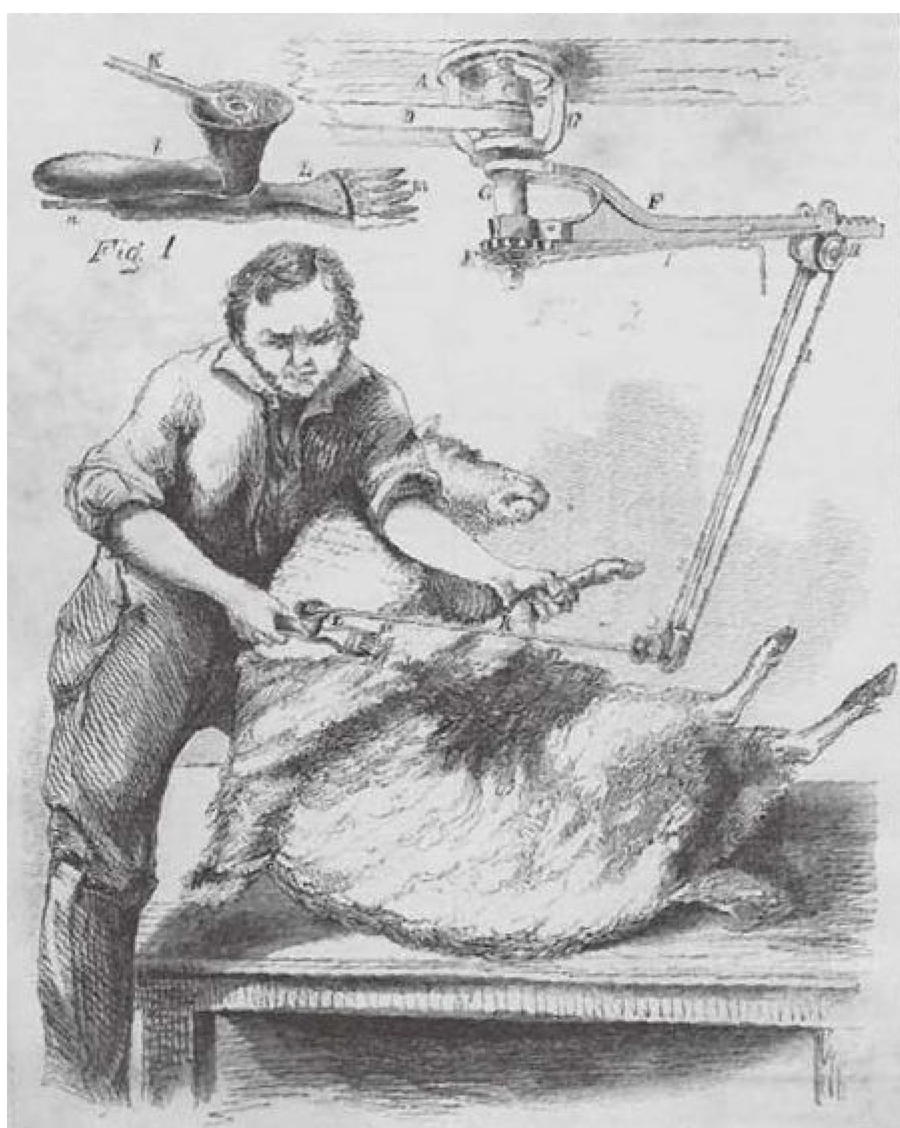
农业机械化的早期尝试（1857年）

1858年

1月　JANUARY

剪羊毛

纺织业中，最为古老的原料应该算是羊毛和其他动物的毛发了，但用于收集这类原料的工具一直很原始，只是由两片刀刃和一个回弹装置组成的剪刀。在过去几千年里，它都是剪羊毛的唯一工具。直到近期，一些手工业主才引进了一种新型动力剪刀，工人们终于可以将自己的全部精力用于控制绵羊和掌握剪刀方向了。下图中，一把机械剪刀悬吊在房梁上，工人正在用它剪羊毛。



剪刀的力量：农业机械化（1858年）

1858年

10月　OCTOBER

蒸汽犁

为了满足耕地所需，很多农民逐渐开始关注“铁马”。最近，福勒先生（Mr.　　Fowler）因发明了高效蒸汽犁而获得英国皇家农学会颁发的

2,500美元奖金。这种蒸汽犁安装了一个固定发动机，利用弯曲的缆绳拖曳犁头。英国知名农场主约翰·约瑟夫·梅奇先生（Mr. John Joseph Mechi）使用了这种犁后，取得了非常好的耕地效果——每英亩（1英亩约4,046.8平方米）小麦的产量提高了8蒲式耳（约210公斤）。与马匹耕作相比，费用节省了1/4。我们确信，在燃料充足且便宜的情况下，未来20年，蒸汽犁将会在美国西部平原上得到广泛应用。

1859年

4月　APRIL

铝的价格

仅在几年前，由于难以从氧化物中提取，铝还是一种昂贵的稀有金属。3年前，1盎司（约28克）铝的市场价格不低于18美元。然而，在气候寒冷、人迹罕至的格陵兰岛西海岸，人们发现了一种储量丰富的铝矿——冰晶石，从这种矿石中提取铝的成本很低。为减少铝的生产成本，格哈德（Gerhard）在英格兰巴特西建立了一个大型工厂。现在，格哈德工厂提取的铝1盎司（约28克）售价仅为1美元。在所有金属中，铝的质量最小，这使铝有希望成为低面值硬币的铸币材料。

1859年

11月　NOVEMBER

第一口油井

来自美国宾夕法尼亚州有关石油的最新消息：在大多数县，从珊瑚礁和沥青类矿物质中提炼石油非常困难，但宾夕法尼亚州似乎受到大自然的特别眷顾，这里的石油可从岩石中提取。在宾夕法尼亚州西北部，似乎有大量能出产较清澈石油的地下泉，我们已勘查过其中一部分。最近，人们在寻找盐泉时发现了一口富油泉，这一消息着实让人兴奋。泰特斯维尔附近塞尼卡油泉的日产量目前达到1,600加仑（约6,000升）。看来，人们的兴奋还会持续下去。

1859年

12月　DECEMBER

鲸油

1820年，英格兰和苏格兰在北冰洋捕鲸的船只数量已达到156艘，每年获得的鲸油多达18,725桶。但随着街道和工厂中煤气照明的迅速普及，再加上捕鲸难度不断增加，捕鲸业在随后的几年里几乎消失：捕鲸用的旧船被当作运煤船售卖，大量工具被亏本出售。过去几年，尽管煤油的生产量和销售量都很大，捕鲸行业却出现了复苏的迹象，这是因为鲸油（尤其是抹香鲸油）比其他油膏都更适用于机械润滑。铁路和其他行业对鲸油的大量需求激发着更多人加入捕鲸业。

1860年

1月　JANUARY

农田与肥料

德国拜恩州慕尼黑的杰出化学家李比希教授（Prof.　Liebig）最近写了一篇很有意义的快讯："在过去几个世纪的耕作中，种子和草料只能从田地中吸取少量营养物质，因此当农民重新把含有大量营养物质的鸟粪和动物骨骼当作肥料时，农作物产量就会大幅增加。在萨克森王国（现为德国萨克森邦）的6个不同地点进行的实验显示：在欧洲，玉米和肉类产量的巨幅增长，很大程度上归功于每年进口的100,000吨鸟粪。"

1861年

3月　MARCH

针线苦差

目前，英国约有65万名女性受雇为制帽工、制衣工、剪裁工和衬衣制作工。她们做的是纯手工活。一般而言，她们是工人阶级中受剥削最严重、最没有自由、最不快乐的人。现在，缝纫机的缺口多达50万台，

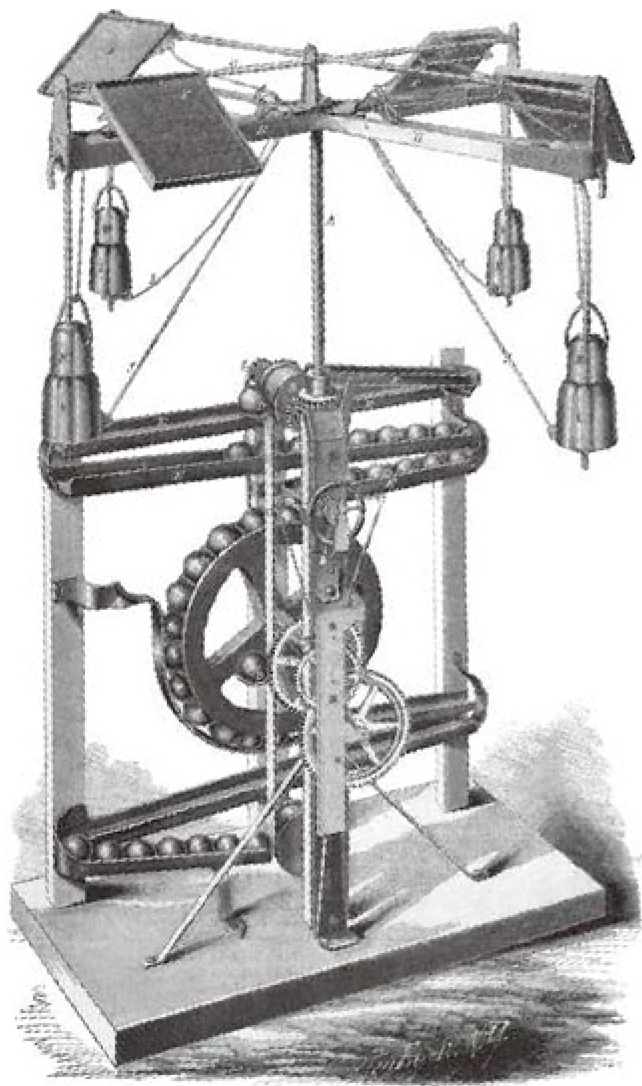
这些机器如能到位，女工的收入将翻番。而且至少在接下来的几年里，手工市场的女工也不会有过剩的危险。男人最终必定会从这些单调的针线活中解脱出来，他们将被女工操作的机器替代。这样，目前英国3/4的男性熟练裁缝和学徒——约50,000青壮劳动力，将会被调配到海军，或从事比针线活更适合他们的工作。

1861年

12月　DECEMBER

强劲的大风

有一种力量是大自然无偿赐予，并无限供应给人类的，那就是风力。研究者花费了大量精力研究风力，希望能在风力强劲时储存过剩风能，从中产生持续的电力。下面这张版画描绘的就是最近取得的一项构造最简单的研究成果：利用一架风车抬起若干铁球，然后让它们逐个落进位于齿轮侧面的小斗里，使得齿轮旋转，从而推动发电机。



驯服风力：以复杂机械为外形，以基本物理为原理（1861年）。这台“风力发电机”依靠铁球运作，开动时会发出可怕的噪声。

1862年

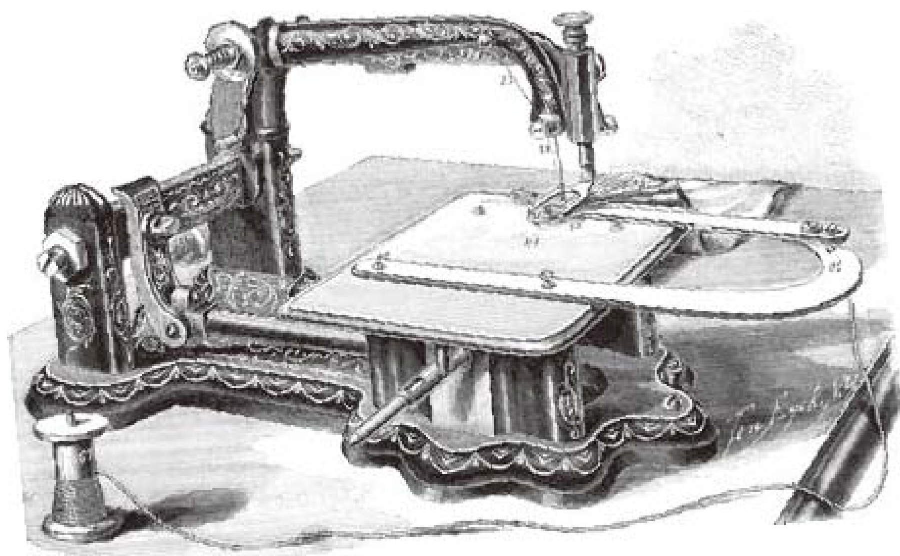
1月　JANUARY

缝纫机

这幅插图展现了“惠勒和威尔逊”缝纫机的几个重要改进。虽然从第一次进入公众的视线之后，这款缝纫机的基本操作原理就没有改变过，

但在它问世后的近十年里，设计者还是会不时加上一些有用的附加装置。最近添加的是“灯芯绒器”，这个简单的装置可以在衬衫的前襟、领口，或者男士的马甲、外套，以及女士的服装上添加灯芯绒线。

编者注：惠勒和威尔逊公司是当时美国最大的缝纫机制造公司。但是到1907年，公司的生产和零售业务已经全部被胜家公司收购。



惠勒和威尔逊公司推出的新型缝纫机：当年，该公司是快速发展的缝纫行业的首要供应商（1862年）。

1862年

9月　SEPTEMBER

蒸汽灌溉

大约20年前，埃及的易卜拉欣帕夏（Pasha　Ibrahim）在开罗建造了一个100马力（约73千瓦）的蒸汽引擎，以取代原先从尼罗河向博拉克区的几座果蔬园供水的500台水车。当地人看到机器组装完毕，并得知它的用途之后，都说这位总督疯了。当他们看到这台巨型机器喷出一根根水柱，又立刻说这是法兰克人（西方人）用来抽干尼罗河的魔鬼。尼罗河水的灌溉力实在强大：蒸汽机开动之后，开罗周边的700～800英亩（约2.8～3.2平方千米）土地随即被开垦为果蔬园和甘蔗地。

译者注：帕夏，奥斯曼帝国派驻外地的总督的称号。

1862年

10月　OCTOBER

机械技术造福农民

1860年的人口普查报告称："机械技术在农业生产中的最大成功体现在耕种、收割和后续处理方面，这一点在美国西部大草原尤其明显。犁及其他耕种工具已经得到改良及大范围推广，现在更是在往蒸汽机耕作的方向发展。若没有这些技术进步，这片肥沃土地上的小麦和玉米是难以耕种的。在每一个大型农场里，农民已经和收割、脱粒、簸谷和清洗的机器难舍难分。"

1863年

7月　JULY

盐矿

科学调查发现，美国路易斯安那州新伊比利亚的盐矿矿床属于储量最大、矿藏品质最为优良的那类盐矿。无论其丰饶度还是纯度，在全球范围内均数一数二。一篇报道这样描述："不妨想象一下，马萨诸塞州所有的花岗岩采石场，或是佛蒙特州所有的大理石采石场，全变成了由精纯岩盐构成的固体矿床，潜藏于大地的深处。这些岩盐矿纯净又透明，仿若透亮的白色冰晶一般，并且储量丰富，取之不尽，用之不竭。"

编者注：在美国路易斯安那州艾弗里艾兰上发现的岩盐矿，先后产出了1万吨以上的岩盐。

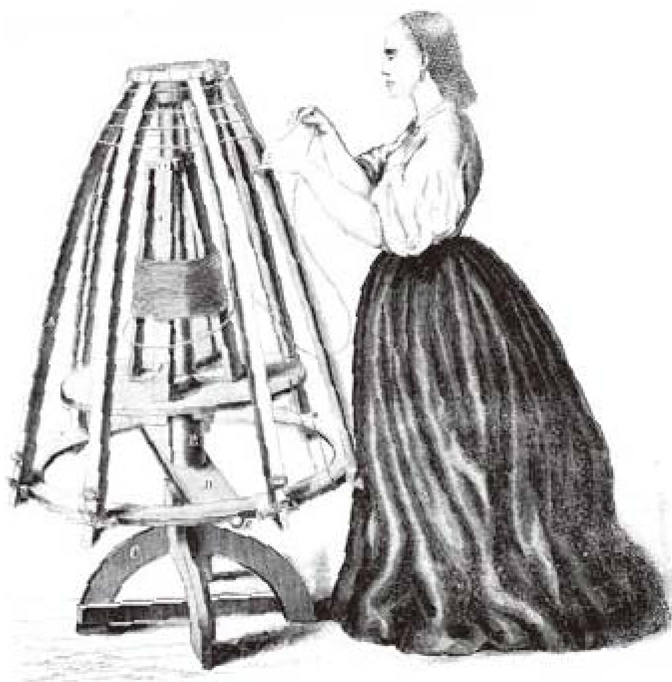
1863年

8月　AUGUST

制衣机器

眼下有些行业的竞争异常激烈，只要有能够促进生产的设备和方法，人们就一定会采用。这一点在有裙撑的裙子的生产中尤其明显。在这个行业里，制衣工的工作量和手艺至关重要。下图中所示的是一款新

型裙框，它比目前广泛使用的旧裙框先进许多。



在手工制衣年代的新式制衣法（1863年）

1863年

9月　SEPTEMBER

砸毁机器

假如憎恨人类的撒旦非要想出一个降低人类工资的最好办法，他最有效的选择无疑是诱惑暴民摧毁那些节省劳力的机器。财富是由劳动者持续不断地创造出来的，而劳动者所能创造的财富又和他们使用的工具及机器的质量和数量成正比。一个人可以徒手生产一些东西，有了斧子或锄头的帮助，生产的东西就能更多一些；有了马匹和犁地工具，产量就更高；有了蒸汽机或锯木厂，产量更是可以倍增。当财富被创造出来，它就会在制造财富的工人，以及拥有工具或机器的业主间分配。自从有了蒸汽机、多轴纺织机、轧棉机和动力织布机，英国和美国的劳动力价格就翻了几番。

技术进步改变生活

1856年

2月　FEBRUARY

燃料价格

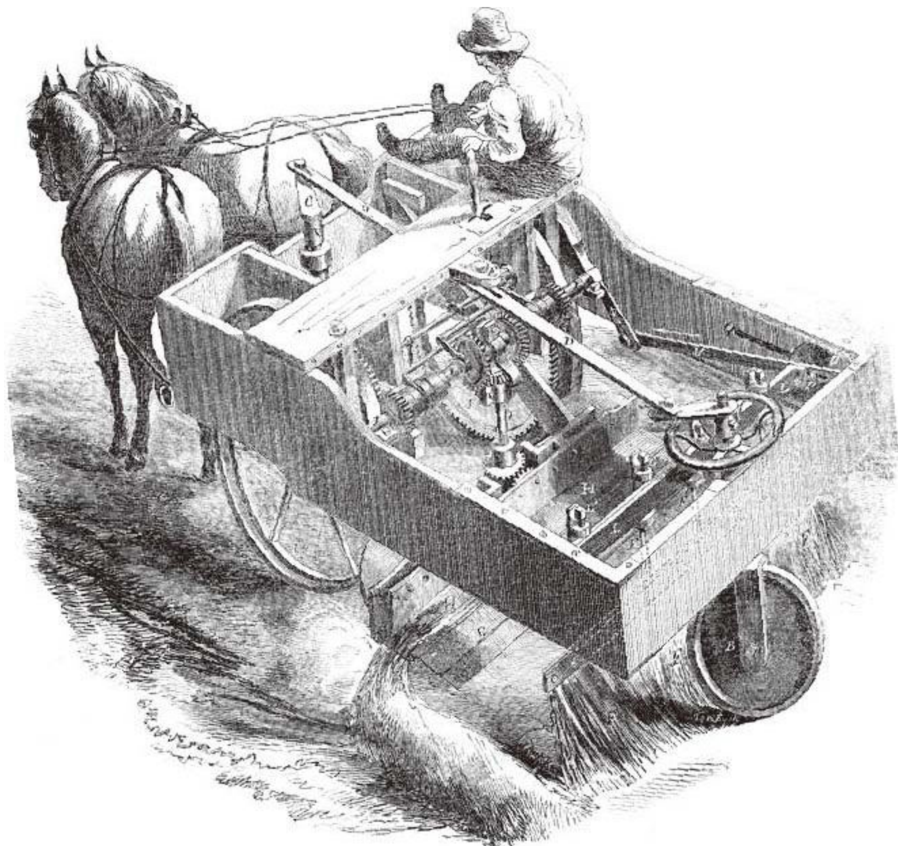
在法国巴黎，烹制一顿正餐所消耗的燃料费，几乎和食材本身的价格差不多，这是因为燃料非常匮乏。美国人非常惊讶地发现，在巴黎市内，到处都能找到这种燃料店：店内设有类似鞋店里放置的那种架子，上面摆放着木材，全都劈成手指大小，像芦笋一样整齐地扎在一起。更大的木棍也像这样捆在一起，而且售价高得吓人。硬煤的价格几乎和木材一样贵，在任何一家这样的燃料店里，都可以按最小量购买。

1856年

3月　MARCH

街道清理

我们相信，费城是美国唯一长期使用街道清理机的城市。不久的将来，机械清理机将完全代替人去清理街道。机械清理机的普及将为我们城市的健康和整洁做出巨大的贡献。这种机器（见下图）的主体为轻便的三轮车。来回摆动的扫帚将灰尘通过倾斜的小片送到不停旋转的传送带上，与此同时传送带会将灰尘堆积成一列，这样就很容易把灰尘铲进垃圾车里。



靠机械和马力来驱动的街道清理机（1856年）

1856年

4月　APRIL

普鲁士的犯罪现场调查

近来，在普鲁士的一条铁路上发生了这样一件事：人们发现一个本应装满银币的圆桶在运至终点时，里面却装满了沙子，原来的银币消失得无影无踪。为了追踪银币的去向，柏林的埃伦贝格教授（Prof. Ehrenberg）提取了铁路沿线所有车站的沙子样本，以求利用显微镜来判别桶中沙子来源于哪个车站。一旦沙子来源的车站得到确认，从几个当班人员中寻找疑犯就不难了。

1856年

5月　MAY

罪犯小心了

据《医学时报》（*Medical Times and Gazette*）报道："科学的手指向了那些利用马钱子碱犯罪的谋杀者，这使得他们妄图利用这小小的白色粉末杀人于无声的幻想破灭了。实际情况与他们的幻想恰恰相反，马钱子碱会使受害者临终前出现强烈的抽搐和典型的痉挛症状。残留于死亡动物隔膜中的微量马钱子碱晶粒，在化学家适当的检测方式下，会显现出一系列璀璨绚丽的彩色光圈。"

ABC　环球科学小词典

马钱子碱：别名，士的宁、番木鳖碱；分子式，$C_{21}H_{22}N_2O_2$。马钱子碱常温下为无色晶体，有刺鼻气味。吸入、摄入或经皮肤吸收马钱子碱有可能致死。中毒症状有：中枢神经被破坏，继而导致强烈反应，最终会导致肌肉萎缩。中毒者会窒息、无力及身体抽搐。开始时中毒者的脖子发硬，然后肩膀及腿痉挛，直到中毒者蜷缩成弓形。并且只要中毒者说话或做动作就会再次痉挛。尸体仍然会抽搐，面目狰狞。马钱子碱中毒会令人十分痛苦，其表现与破伤风类似。

1856年

8月　AUGUST

扒手陷阱

从外观上看，这一发明无论大小还是形状都与怀表类似。它的内部装有一个铃和弹簧锤，弹簧锤连接着表链。假定窃贼通过拉动表链偷窃怀表。而当怀表换成这一发明时，就不是贼拿到了表，而是"表"捉到了贼。因为拉动表链会撞响警铃，事主就能立即发觉并抓住窃贼，让警察将窃贼送入监狱。

1857年

2月　FEBRUARY

谋杀

上月29日清晨，人们发现伯德尔博士（Dr. Burdell）在自己的房间中遇刺身亡。他与管家的关系相当恶劣，而且管家身上也有一些看似明显的犯罪证据。但经过科学分析，管家的部分犯罪嫌疑已被排除。在管家的抽屉中，找到了一把沾有少许血迹的匕首，但化学检验证实这并非血迹，而是锈迹；经证实，她那件蓝色丝裙上明显的红色污迹也不是血迹，而是糖或果酱留下的痕迹。目前，犯罪证据指向一个有嫌疑的房客。在他的工作室和卧室里，分别找到了一把刀子和一张报纸，经过检验，上面确实都沾有血迹。用显微镜对血块和红细胞进行观察发现，这些血为动脉血。

1857年

6月　JUNE

气球漏气

我们认为，继去年在冬季假期成功打入巴黎市场之后，玩具气球（由牛肠薄膜制成）也会被当作一种漂亮而又讨人喜欢的玩具，成为美国孩子的新宠。最近，气球已在城市中流行开来，被摆进了各种商店的橱窗。很多购买了气球的孩子非常惊讶地发现，他们的气球每天都在缩小，最终变成皱皱巴巴的皮囊，再也看不出球的模样。这是因为填充气球的气体（氢气）一直在通过气孔缓慢泄漏。

1857年

8月　AUGUST

合法麻醉

在比利时，醚麻醉技术成为获取司法信息的手段。在一次重大抢劫案发生之后，两名男子被捕，并被送上了法庭。其中一人被判处终身苦役，但是，另一名男子却因假扮哑巴和白痴而被推迟审判。表面上看，他的智商确实很低。但在一次药物测试中，这名男子在醚麻醉状态下还能说出流利的法语。最终，他被判处10年苦役。

1857年

9月　SEPTEMBER

早期水表

充足的供水作为城市居民的一项福利，应该得到称赞。不过，为了防止浪费，有必要采取措施去记录每个家庭和每个企业的用水量。下图中展示的水表就是一个很好的选择，它的结构设计合理，不需要其他配件；在使用中，水表几乎不受摩擦力影响，无论水流迅猛还是缓慢，都可以保证测量的准确性。



早期水表（1857年）

1858年

1月　JANUARY

从黑夜到白昼

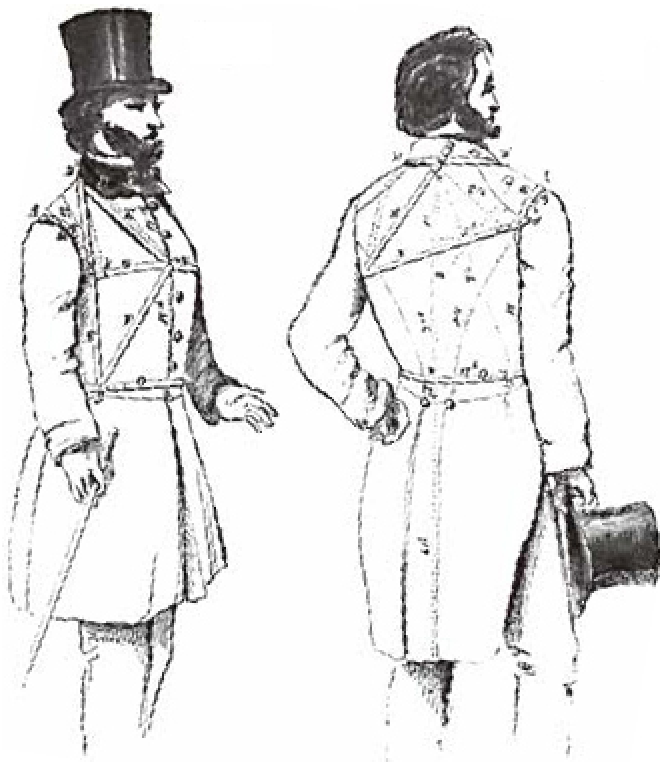
在所有可燃液体中，鲸油并不算最好的。但由于鲸油资源有限，供应量逐年受限，它的价格一直居高不下。这使得人们不得不寻求便宜的替代品。目前使用最普遍的替代品，就是所谓的“燃液”——一种酒精和松节油的混合物，这种液体既便宜又干净。1830年，燃液首次进入大众市场。但由于它的易挥发性而引起的油灯爆炸已导致多起严重事故，其中一些事故还造成人员伤亡，因此它没能成为理想的照明燃料。眼下，人们期待着更加安全的替代品问世。

1858年

3月 MARCH

量体裁衣

人体是非常对称和优雅的，但令人吃惊的是，大街上衣着难看、不具美感的人比比皆是。对此，我们只能说，做这些衣服的裁缝手艺不佳。对不修边幅的穿着采取无所谓的态度，我们应该谴责。就像我们必须穿外衣一样，穿着得体也很必要。下图显示的是，美国南卡罗来纳州列克星敦的西米恩·科利（Simeon Corley）发明的一种工具，专门用于精确测量人体尺寸，以及测量后在布料上画出服装草图。



裁缝的精确测量工具（1858年）

1858年

4月 APRIL

致命的美丽

在脸上化妆，刻意保持非自然肤色，起初，我们只觉得这很幼稚。但当知道这竟然都是大量使用砷的结果时，我们就该严肃对待了。在女士必需的化妆品中，铋和锑的含量同样不低。我们应该让每个人都知道，形象地说，有些女人的确能给她们的爱慕者“致命的”一瞥。

1858年

10月 OCTOBER

酸气

如果把祛除银器上黑色硫化物的方法告诉女管家们，她们肯定会感谢我们。在镀银和纯银的器皿、门牌和门把手的表面，都会出现一种黑色硫化物，但只要用蘸有（淡）氨水的抹布擦拭，硫化物很快就会消失。黑色硫化物的出现，并不意味着银的纯度不高，即便在纯银表面和铜银合金表面也会出现这类物质。这是因为下雨之后，街上的土壤会散发出大量的硫化氢。

1858年

12月　DECEMBER

点亮世界

蜡烛是人类最古老的发明之一。尽管今天的人类已经拥有可燃液体、煤气和煤油，但在人们生活中，蜡烛仍是一种不可取代的光源。对富人来说，它是一种奢侈的享受；对穷人而言，它是一种恩惠。不过，迄今为止，蜡烛还是一种油脂制品，燃烧时会淌下大量蜡油，需要经常剪烛花。人们一直希望能够找到解决这些问题的方法。现在，一项已获得专利保护的技术可以硬化普通蜡烛，使之达到可与鲸蜡或高价蜡烛相媲美的燃烧效果。蜡烛的硬化外层熔点比制作蜡烛所用的动物油脂高得多，使蜡烛在燃烧过程中可以保持漂亮的杯型，蜡油就不会淌下来。

1859年

3月　MARCH

反迷信协会

证明迷信都是胡扯的唯一方法，就是大胆反抗。一些勇敢的法国人正在为此努力。他们在波尔多成立了一个协会，来反对对于凶兆的迷信行为。在法国，人们认为如果在周五启动任何计划，或13个人围坐在桌子旁，或在自己和朋友间撒盐，便会招致“厄运”。因此这个新成立的协会提议，在每周五组织餐会，每次有13个客人参加，开饭前还要在周围撒盐，以此来抵制迷信。

1859年

10月　OCTOBER

舆论的力量

历史上，埃及、亚述、希腊、罗马等国家都曾强盛一时，取得了辉煌的成就。在强盛时期，这些国家国民的知识水平很高，身体素质也很好。但好景不长，由于沉溺在以往的成就中，这些国家很快走向衰落。但在当前这个不断进步的时代，我们无须担心会出现这样的结果，因为出版业会阻止类似事件的发生：作为一种强势媒介，它能使公众习惯思考，避免思维僵化。

1860年

2月　FEBRUARY

面包革命

过去10年间，面包制作领域发生了一场革命。传统的发酵面包的做法是把生面团放在一个温暖的地方，直到它开始发酵。其中的化学过程是，面粉中的淀粉变成糖，糖被分解为碳酸和乙醇，这两种成分在面粉颗粒间形成，使面粉膨胀。但在操作过程中，人们必须非常小心，以防止面粉变质。因此，用酵母发酵的现代手段更受人们青睐。过去10年间，除了用酵母做面包的方法，我们还有了发酵粉、自发粉之类的产品，现在99%的家庭都在使用这些产品。

1860年

10月　OCTOBER

反对家庭作业

让一个已在学校枯坐6个小时的孩子回到家再花4个小时学习，他们的智力不可能因此有所发展。自然规律不可违背。繁重而使人厌烦的课业负担，也许会使孩子们像鹦鹉那样成功地记住很多词汇，但脑力耗

尽，会使他们无法真正掌握和理解这些课程。这种教育模式对孩子智力造成的削弱甚至超过给他们身体带来的影响。每当见到一个小女孩背着一大堆书籍蹒跚回家，晚上8点还要皱着眉头赶作业时，我们就想为什么人们没有立刻抄起菜刀、铁棒、木棍、板砖或手边的任何武器，像驱逐吞噬孩子的野兽那样，把公立学校的管理者赶出学校。

1861年

1月　JANUARY

肥皂与文明

按照李比希的说法，根据一个国家的肥皂消费量，我们就能准确衡量出这个国家的富裕水平和文明程度。政治经济学家当然不会认可这一点。但是，无论我们把这种观点当成一个笑话还是一个预言，以下说法至少是真实的：我们在一定程度上可以断言，在两个人口数量相同的国家中，较为富有且文明程度较高的国家必然是消费肥皂相对较多的那个。这种消费并不会带来感官上的满足，也与时尚无关，而是取决于人们对美丽、舒适和健康所持有的观念，以及随之而来的对于清洁度的要求。

1861年

2月　FEBRUARY

菊酯杀虫剂

近来，药物市场上出现了一种名为“波斯杀虫粉”的植物粉末，可用于杀灭害虫和植物寄生虫等。除了生产商，其他人直到最近才弄清楚这种粉末是用哪种植物原料制成的。在好几年的时间里，人们都错误地认为这是波斯特产，但科赫博士（Dr.　Koch）追根溯源后明确指出，这种粉末其实产自高加索地区，由红花除虫菊和除虫菊这两种花朵捣碎而成。粉末呈灰黄色，完全没有气味，只是对鼻孔有轻微的刺激作用。品尝时，刚开始几乎无味，但过后舌头会有灼热感。由于它确实能杀死臭虫、蟑螂和观赏植物上的寄生虫等害虫，杀虫效果已被完全认可，而且

没有毒性，因此如果能广泛使用，对家庭和园艺家都将有非常重要的意义。

1861年

4月　APRIL

钟表匠

弗雷德里卡·布雷默（Frederika　Bremer）描述了日内瓦钟表制造厂的场景："在日内瓦，怀表的制作规模已经极为可观。中国的市场需求量尤其巨大。据我了解，一个讲究的中国人会在胸口每一边都塞上一块表，由此可以校对彼此的时间。富裕的中国人会在他们的房间墙壁上挂满钟表。与那些为欧洲人制作的钟表相比，它们的外表更具观赏性，制作时需要使用更多金属丝来装饰。中国人万岁！在日内瓦，有一家规模最大，工艺最为精良的钟表制造厂专门负责生产表盘。在那干净、暖和的生产车间里，二三十位上了年纪、衣着讲究的美貌妇女坐在一起专心制作表盘。"

1861年

10月　OCTOBER

饮茶时间

据说由于美国南方缺少茶叶，那里的人又重新喝起了代茶冬青——北卡罗来纳州的印第安人制作"黑饮品"（black　drink）的原料。这种饮品他们差不多从来到该地区起就开始饮用，尽管主要是在贫困阶层中。代茶冬青生长在弗吉尼亚州以南的沿海地带，在帕姆利科湾周围的珊瑚岛上尤其茂盛。当地居民经常采集它们的叶片和嫩枝，换取等量的玉米。这暗示着一个事实，这种植物当中含有茶叶和咖啡共有的成分——一种名叫"茶碱"或"咖啡因"的物质。

译者注：代茶冬青，一种植物，产于美国东南部，叶片有时可以代替茶叶。

1862年

1月　JANUARY

崇高的壁炉，卑微的烤炉

想起以前的时光，一间宽敞的厨房就会鲜活地浮现在脑海里。在这样的厨房里，最出彩的部分就是那老式壁炉，还有炉子里那些烧红的炉灰、粗大的木柴和铁制的柴架。炉火燃起时，整间屋子都会笼罩在光辉中，朴实无华的家具都被明亮的火光涂上一抹金色。那时的空气是多么纯净！硕大的壁炉带来了轻快的穿堂风，将空气中的杂质带走，留下纯净、健康、让人充满活力的空气。而如今，我们蹲在热乎乎的炉灶周围，奇怪为什么自己整晚都如此迟钝、困倦；要不然就是围聚在密不透风的火炉边上，纳闷屋里的空气为什么燥热而浑浊。

1862年

2月　FEBRUARY

撒盐和融雪

冬天，在冰雪覆盖的城市铁路轨道上撒盐，会让冰雪融化得更快，但道路却因此变得泥泞不堪。由此暴露出来的弊端，或者说是想象出来的弊端，需要各位市政官员和其他人做出明智的判断。为此，美国费城议会征询了专家意见。富兰克林研究所的兰德教授（Prof.　　Rand）表示，他并不认为在道路上撒盐后，鼻黏膜炎在儿童中的致死率有所上升。撒不撒盐的唯一区别在于：撒了盐，道路只会泥泞一天，而不撒盐，则会泥泞一周。

1862年

3月　MARCH

可恶的钢笔

难道不是钢笔横扫这片土地，令得体的手写体近乎绝迹？100个人里，难道不是有99个人正在使用钢笔，而且在这99个人中，不止一人厚颜无耻地说过，自己能用钢笔书写？帕莫斯顿勋爵（Lord Palmerston）

说得不错——这一代人写的字糟糕透顶，而随着钢笔的广泛使用，下一代还会更糟。

1862年

5月　MAY

地下铁路

伦敦地下铁路的建设即将完工。这条铁路在伦敦城下延伸了4.5英里（约7.2千米），起点站是维多利亚街。以前人们对这个地方没什么好印象，现在却是大北线、伦敦—查塔姆—多佛尔线和大都市线的交汇点。在最近的一次旅行中，本人搭乘地下铁路坐了几站，结果发现车厢内空气清新，没有任何不适感或潮气。机车冷凝了蒸汽，吸收了烟尘，因而一点儿气体或水珠都没有。

编者注：文中的地铁于1863年开通，部分隧道至今仍为伦敦的地铁系统所使用。

雪橇改良

现在，每个男孩都可以在雪橇上坐直身子，舒舒服服地滑下白雪皑皑的陡坡了。他们的腿和脚可以放到雪橇上，拉动缰绳就能控制方向，仿佛驾驭一匹骏马。看一眼下面的版画，你就能明白这是怎么回事：多亏艾萨克·牛顿·布朗（Isaac Newton Brown）的新发明，他在雪橇前方装了一个方向舵，从而改造成了滑橇。版画里还展现了有危险性的旧式雪橇，也就是我们还是小男孩时玩的那种。



可以驾驶的雪橇：可怜可怜这个没有“布朗滑橇”的男孩吧……（1862年）

1862年

11月　NOVEMBER

橡胶玩具

由硫化橡胶这种神奇的材料制成的各种产品中，又出现了一种新的弹性玩具。威柯匹工厂（Wiccopee　Factory）位于美国纽约马特宛附近的费什基尔，每年会制造大量这类玩具。这种新玩具在各个方面都要优于老式的德国玩具。很多玩具娃娃看起来像是穿着由天鹅绒和精细羊毛制成的衣服，但实际上，这些衣服都是由橡胶制成的。为了产生丝绒或羊毛的效果，往往会将丝线或者羊毛绒屑撒在娃娃身上事先涂好清漆的部分，使这些绒屑粘在上面。

1863年

2月　FEBRUARY

冰岛酸奶

冰岛的日常饮食主要有两样，一个是风干的生鳕鱼，还有一个是名为“skier”，类似于酸奶的乳制品。这种酸奶就是先让牛奶变酸、凝结，然后装进袋子里挂起来，直到乳清流光为止。这种形态的牛奶营养丰富、有益健康，而且比一般的鲜牛奶更容易消化。

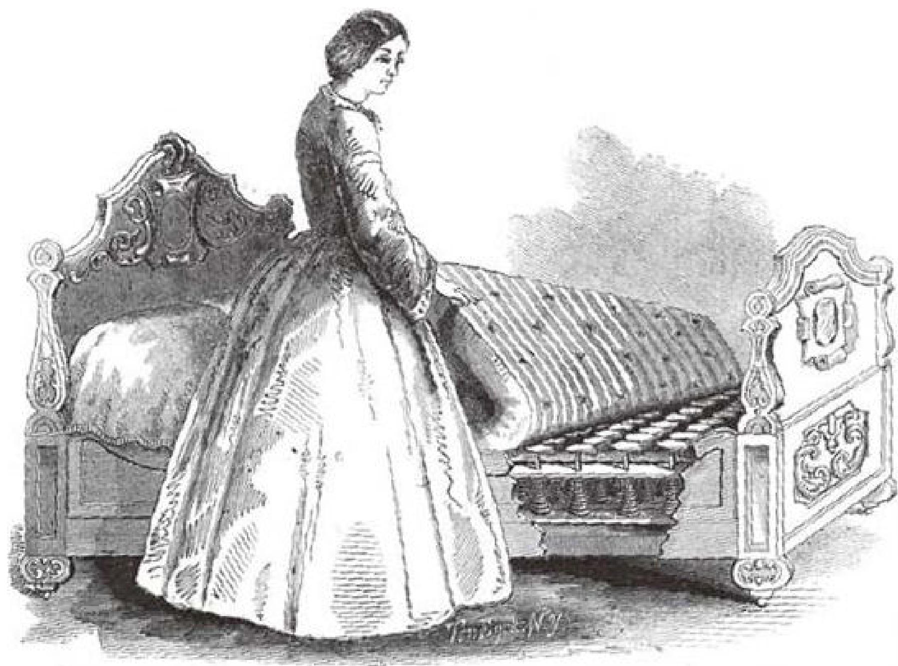
一旦喜欢上冰岛酸奶，你就会觉得它的味道清淡、可口、凉爽宜人。设得兰群岛的居民就是用这种方法处理牛奶。牛奶在处理的第一阶段，被称为“流奶”，此后直到酸奶做成，被称为“挂奶”。我们认为变酸的牛奶无用而害人的观念，只不过是无知的偏见而已。那些主要以奶制品维生的人钟爱冰岛酸奶，而且他们的选择也得到了医学权威的支持。

1863年

7月　JULY

睡眠工艺

下面的版画展现了一种结构经过改良的弹簧床，相关工艺已获得专利许可证。就经济性、舒适性和耐用性而言，这种床的性能无与伦比，其生产商甚至自信地声称，它们的使用寿命可达50年之久。



具有科学理念的优雅家居，配置了当时工艺最先进的家具（1863年）。

在困境和灾难中前行

1856年

7月　JULY

危险的铁路

无论是在安全性还是在舒适性方面，美国或英国的铁路都无法与普鲁士相比。去年，在普鲁士总共只有两人因铁路失去生命，而且没有一个是由铁路管理的疏忽所致。由此可见，他们的铁路管理还是值得效仿的。与前几年相比，美国的铁路安全性已有所提高，但还留有提升空间；现阶段，公共交通运输公司对公民的生命安全仍然没有给予足够的重视。

1856年

12月　DECEMBER

危险的醚

一则来自南美巴伊亚的新闻提到，一艘名为“法兰西号”（La France）的混合汽醚船在该港口着火燃烧。在温暖的环境中醚不能够以液体状态存在。在这种情况下，大量的醚从盛纳它的容器中逸出，引起火灾并把整艘船烧毁。醚的沸点在96℉（约35℃）左右，因此，将汽醚船驶进炎热地区，停泊在一个水温高达100℉（约37.8℃）的港湾，的确是一个愚不可及的决定。

1857年

3月　MARCH

棉花着火

近来发生在莫比尔的大火烧毁了几千包棉花。为此，美国南部地区

的多家报纸都在讨论是否应该考虑有利方法，使用金属丝来捆绑棉花。使用金属丝的最大好处就是，它不像绳子一样易燃、易断。着火时，一旦绳子断裂，棉花就会散开，随着风势引燃附近的棉花包，造成更大损失。用金属丝捆绑的棉花则不易被引燃，即便是着了火，也多处于闷燃状态。

1857年

4月　APRIL

严格检疫

黄热病最近在纽约港加弗纳斯岛上的驻军中流行，该疾病来源于一些从佛罗里达军队病退下来的士兵。在莫里斯岛（Morris' Island）上，这些士兵的不少战友也出现了生病甚至死亡的现象，这正符合上述观点，同时也表明，严格执行检疫条例至少也能为这座城市排除一个病例。我们有理由相信，只要我们有能力排除一个病原携带者，那么更多的病原携带者就有可能被排除。无论是商人还是普通市民，都应该认识到，检疫条例的规范化和严格执行具有重要意义。

1857年

5月　MAY

越绿越干净

“印度的储水池中都覆盖着一层绿色水草，”《印度医学年报》（*India Annals of Medical Science*）指出，“水草在给水增添了绿色的同时，也起到了强大的过滤作用，使水质变得洁净卫生——在绿色水草生长的地方你也能发现小鱼和纤毛虫，它们也有保持水质的功能。”查尔斯·内皮尔爵士（Sir Charles Napier）在视察旁遮普（Panjaub）山区时，发现当地人从长满水草的水池中取水，于是下令立刻清理池中的水草。此后，池水很快变质，无法使用，直到水池中再次种植了同样的水草，水面被重新覆盖后，情况才有所改观。

1857年

7月　JULY

保护鱼类

很多人想引进优质鱼苗，让河流再次成为鱼儿的乐园。但我们要提醒他们牢记一点，如果想要成功，就必须保持河流的清洁。曾经在一些河流中大量栖息的鲑鱼和其他一些鱼类，现在确实已经杳无踪迹。人们普遍认为这是渔民疯狂捕捞的恶果，其实不然。在河流附近，一些锯木厂拔地而起，破坏了鲑鱼和鳟鱼的产卵环境。在附近建有化工设施的全部河流中，鲑鱼都已经彻底消失。这种鱼喜爱干净、流动的河水，这非常明智。

1857年

9月　SEPTEMBER

防火纱裙

身着轻薄纱裙的女士很容易“引火烧身”，在多起事故中，许多人在火被扑灭前就被烧死了。女演员和女芭蕾舞演员尤其容易陷入这种险境。著名的芭蕾舞演员克拉拉·韦伯斯特（Clara Webster）和其他一些人就是这样失去了生命。因此，大家有必要了解，在用低浓度的氯化锌溶液浸渍过后，裙子或者衣料就会具有很好的防火性。

ABC　环球科学小词典

克拉拉·韦伯斯特：19世纪40年代英国最出色的芭蕾舞演员之一。1844年，当她在特鲁里街剧院演出时，舞台上的油灯引燃了她身上的舞蹈纱裙，火焰迅速蹿至全身。火灾之后仅过了3天，这位出色的芭蕾舞演员便匆匆告别人世。

1857年

10月　OCTOBER

黄金船

据“中美洲号”（Central America）的幸存者回忆，当时船上的乘客几乎都携带了数百美元的财物，还有一些人估计，他们所携带的黄金价值数千美元。大部分乘客是（从加利福尼亚）返家的矿工，有的憧憬着未来的美好生活，有的要接家人前往“黄金之国”。但是，随着暴风雨持续肆虐，人们不再时时刻刻惦记着黄金。到了星期六，乘客们已经意识到他们随时有可能葬身海底，有钱的人开始丢弃钱袋，黄金撒得满地都是，谁有胆量都可以捡——但要知道，几盎司（1盎司约合28.35克）的重量没准就会把人带进地狱。

编者注：“中美洲号”轮船在美国北卡罗来纳州海岸沉没，轮船残骸在1987年被发现，至今已经打捞出多达3吨的黄金。

1858年

11月　NOVEMBER

病房采光

詹姆斯·怀利爵士（Sir James Wylie）生前是俄国沙皇的内科医生，他曾在圣彼得堡医院研究光作为一种医疗手段的功效。他发现，在光线充足的病房里，病人的治愈率比住在光线昏暗的病房里的病人高4倍。这一发现在俄国众多医院里引发了一场照明系统的革命，大量病人因此受益。这些都得益于光的作用，要知道，如果没有充足的光照，植物和动物都不可能健康生长。在过去一个世纪里，所有文明国家的健康状况统计数据都显示，人们的健康状况得到了明显改善。这可能正是因为随着房屋结构的不断优化，更多光线能够进入室内。

1859年

6月　JUNE

安全与疏忽

铁制螺旋桨蒸汽船“爱丁堡号”（Edinburgh）的经历，充分体现了带有水密舱的船舶的优势。这艘蒸汽船主要在美国纽约和英国格拉斯哥之间往来航行。6月6日，在加拿大纽芬兰圣约翰斯以东约186英里（约

299千米）的地方［53年后，英国皇家邮轮“泰坦尼克号”（RMS Titanic）在上述事故发生地以南约350英里（约563千米）的地方沉没］，“爱丁堡号”在浓雾中撞上了冰山，船体前板在碰撞中被击穿。但由于船舱分为多个水密舱，其中只有两个立即被水灌满，其余完好的水密舱在返回圣约翰斯途中，让船体在海上漂浮了30个小时。如果这艘船没有建造水密舱，它将在事故后半小时内沉入海底。

1860年

3月　MARCH

取火镜

致棉花商的重要通知：小心“牛眼”！据《纽约论坛报》（*New York Tribune*）报道，那些频繁起火的运棉货船主要是美国船只，它们都有一个重要特征：安装有名为“牛眼”的凸面舷灯，而其他国家的船只很少使用这种灯。在美国装卸棉花的港口发生的火灾中，没有一起火灾发生在他国货船上，其中的原理是，“牛眼”就像一个取火透镜，不论何时，只要阳光在不经意间穿过它，焦点范围内的易燃物就会被点燃。

接种疫苗

“（室内照明用的）煤气是一种强力消毒剂，在它的效用范围内就不会有传染病。”我们引用这句话，是想批驳这样一种说法：煤气可以防止人们染上天花。在城里那些使用煤气照明的人中，天花的确罕见。但这是因为那些人足够聪明，懂得提前让家人接种了疫苗。天花的受害者主要是毫无远见的人们，他们使用易燃液体照明，对天花和将来的任何事情都不采取预防措施。

1860年

4月　APRIL

牛瘟疫

由于传播范围不断变大，这场牛瘟疫可能成为美国有史以来最大的灾难之一。从缅因州到得克萨斯州，成千上万的牛正面临致命疾病的威

胁。人们一想到这种情况，心里就会充满恐惧。在农村，人们为瘟疫造成的损失而忧心忡忡；在城市，人们则担心买到病牛肉。但是这些担心，可能只是一定程度上的想象，不可能完全成为现实。在马萨诸塞州，政府委派了三名官员对具体情况进行调查并授权他们将生病的或接触过传染源的牛全部宰杀，相关费用由政府承担。实际上，这只是一种肺部疾病，牛的其他器官并不受疾病影响。

编者注：这种疾病可能是牛传染性胸膜肺炎。

1860年

5月　MAY

地方性结核病

　　医学博士亨利·米勒德（Dr. Henry Millard）估计，大约1/6的人类死亡病例都由结核病导致。在美国纽约，从1848年到1859年，结核病患者的死亡率为1：8.46。在大城市，结核病的发病率并不一定比小城市高。而在不同职业中，结核病死亡率最高的两类人群是裁缝和鞋匠，最低的是律师。

1860年

6月　JUNE

臭气熏天的泰晤士河

　　在去年最干旱的3个月中，曾经闻名于世的河流——“老父亲泰晤士”变成了大型污水沟。它臭气熏天，整座城市都闻得到。最近，一则与此相关的报道宣称：6月、7月和8月，价值约88,000美元的除臭剂——主要是478吨的漂白粉和4,280吨的石灰粉被撒入泰晤士河。这些粉末大多被投放到下水道中，但由于河水温度一直较高，达到69℉～74℉（约20℃～23℃），使得所有为除臭而做的努力都变得毫无意义。今年，大量的高氯酸铁已经准备就绪，它们将用来消除“老父亲泰晤士”鼻烟壶里的恶臭。

1860年

7月　JULY

注意事项

在英国，病人普遍痴迷于“茶”，以至于你只能认为这是一种对茶的生理需要，否则难以找到其他解释。虽然少量的茶和咖啡能让病人受益良多，但大量的茶，尤其是咖啡，会进一步损害他们孱弱的消化系统。然而，护士看到一两杯茶或咖啡能促进病人恢复，就会想当然地以为饮用量加倍，功效也会加倍。事实并非如此。在我知道的英国病人中，只有斑疹伤寒患者拒绝喝茶，而他们病情好转的最初征兆就是，再次有了喝茶的欲望。

——弗洛伦斯·南丁格尔（Florence Nightingale）

译者注：南丁格尔，英国女护士、医疗改革家，护士业的创立者之一。

1860年

9月　SEPTEMBER

毒药捕鱼

一篇关于用毒药捕鲸的文章刚刚在英国发表，文中提到的药物是氢氰酸。毒药用量仅有2盎司（约57克），装在玻璃管中，随后固定在鱼叉上。W. 扬先生（Mr. W. Young）和G. 扬先生（Mr. G. Young）给他们在格陵兰渔场作业的一条船寄送了一批这样的鱼叉。遇到肥壮的鲸鱼时，人们会熟练地把带有毒药的鱼叉深深刺入鲸鱼体内。随后，这头庞然大物会立即垂直潜入海底。但很快，连接着鱼叉的绳子就会松弛，鲸鱼尸体随之浮出水面。带有毒药的鱼叉的威力太过惊人，让人感到害怕，以至于人们不敢再次使用它们。

1861年

5月　MAY

野战炮的进步

受到墨西哥战争启发而提出的榴弹炮，专门为浅水或陆地军事行动而设计，用以打击没有海军但拥有广阔海岸线的敌人。在这些军事行动中，轮船吃水不能太深，船上需要配备火力尽可能大、重量尽可能轻的武器。达尔格伦上校（Capt.　Dahlgren）将这种装备变成了现实。他设计的榴弹炮已在美国海军中广泛使用，所用弹药是炮弹和霰弹，现在又添加了榴霰弹。在海岸军事行动中，这些火炮被安装在轻便但结实的推车上，如下图所示。



达尔格伦炮：经过改良的移动火炮（1861年）

1861年

7月　JULY

疟疾和战争

虽然原理不明，但我们都知道一个事实：任何一个士兵死于疟疾的风险，都比他战死沙场的风险高5倍。疟疾是什么？没人知道。或许它的组成成分是微生物——体积小得连显微镜都检测不到的动物或者植物；又或许它是某种和电、温度或湿度有关的大气条件；还有可能，它是植物腐败时产生的一种气体。目前，最后一种假设最为流行，但它根本没有得到证实，而且有些事实明显与这种假设相悖。不过，有一点是不容置疑的：疟疾是大气中的一种神秘毒素，这种毒素只会出现在特定

区域。我们的所有经验都证实了秘鲁当地人的观察结果：金鸡纳树皮在抵御疟疾毒素上成效显著。鉴于这种方法的有效性，我们建议，所有士兵都去咨询自己所在部队的军医，并严格遵从医嘱。

1861年

8月　AUGUST

含铅饮用水

水管里的铅锈蚀是个重大问题，尤其是在因供水系统而获益无穷的城市中。所有铅盐都带有极强的毒性，而且就像所有金属毒物一样，它们会在供水系统内富集。我们一直认为“铅盐无法在水中溶解”，就铅管送水的安全性而言，这种说法还有待商榷。当高压下的水流高速通过管道，管壁上那些质量极轻的矿物质微粒就会被冲刷下来，混进水中，像溶解物一般进入供水系统。

1861年

9月　SEPTEMBER

航海准则

在从孟买到利物浦的航程中，英国商船“东方之星号”（Star of the East）在莫桑比克海峡失事。官方就事故原因展开了调查。第一个证人是船上的修帆工，他表示船只失事时离岸边大约只有1英里（约1.6千米）。政府贸易委员会聘请的律师廷德尔先生（Mr. Tyndall）问他：“船只离岸那么近，你不觉得奇怪吗？”修帆工回答：“我们没有权利思考这个问题，在船上只有厨师和船长才有权思考。”这个回答可谓决定性一击。在这句对航海准则的简短阐述之后，那位爵爷们请来的代理人就再也没插过一句话。

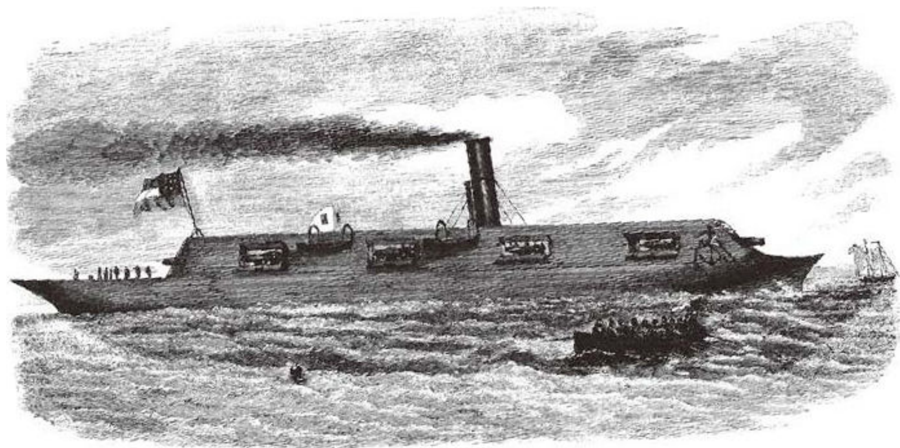
1861年

11月　NOVEMBER

强大的“梅里马克号”

随文附上的“梅里马克号”（Merrimac）版画根据一位机械师的素描蚀刻而成。这位机械师是投降后从诺福克来到这里的，他说自己在这艘船上工作过，对它的外观自然相当熟悉。去年春天，就在戈斯波特海军造船厂被毁的时候，“梅里马克号”船身部分被烧毁，随后沉入海底。我们不时听说分裂分子已经成功将它打捞上岸，目前正在对它进行修复。绘制那幅素描的机械师说，船壳的上半部分已被大量切割，只保留到了吃水线以上3英尺（约0.9米）的位置；船的炮甲板上还造了一座防弹屋；船头和船尾都覆了钢板，装了突出的铁块，专门用来撞破别的船只。

编者注：四个月之后，这艘改名为邦联海军“弗吉尼亚号”的军舰和联邦战舰“莫尼特号”展开了世界上第一次装甲舰之间的对决。



一艘早期铁甲战舰亮相（呈现在一幅略带想象的蚀刻版画中），它就是邦联海军“弗吉尼亚号”（CSS Virginia），原名“梅里马克号”（1861年）。

1862年

2月　FEBRUARY

弹片伤也能治疗吗？

美国众议院军事委员会正在考虑，是否将塞缪尔·哈内曼（Samuel Hahnemann）的疗法（顺势疗法）引入陆军。该委员会已同意授权杜恩

先生（Mr. Dunn）起草法案，指导美国战争部医疗局在数量与资质皆符合特定条件的情况下雇佣顺势疗法学院毕业生担任军医。这项议案在委员会引发了激烈的争论，整个现役军医界均持反对态度。我们能够理解，笃信顺势疗法的麦克莱伦将军（Gen. McClellan）很渴望在陆军中实验这套疗法。为什么不试试呢？顺势疗法在美国有数以千计的坚定支持者，而且这种疗法正在迅速发展。

ABC 环球科学小词典

顺势疗法：在18世纪由德国医生塞缪尔·哈内曼创立的一种疗法。其基本原理是，为了治疗某种疾病，需要使用一种能够在健康人中导致相同症状的药剂。目前还没有足够的证据证明顺势疗法的效果强于安慰剂。

1862年

3月 MARCH

第一场铁甲对决

正当披着铁甲的“梅里马克号”在我们海军的木船中大肆破坏，使这里陷入一片惊恐之时，体型娇小的“莫尼特号”（Monitor）带着它的两门大炮来到战斗现场，迅速将这场失败扭转成了一场辉煌的胜利。一连几个小时，“莫尼特号”都在“梅里马克号”周围绕行，精准地往对手船体上的各个部位发射炮弹。它的打击空前猛烈，自身却毫发无损，最终使劲敌身负重伤，撤离战场。根据“莫尼特号”的购买合约，它必须在炮火中经受试练，通过后方可在海军服役。不过，当初没人料到，它将会经受如此严酷的考验。正是这次考验注定了一切木制战船使命的终结。

1862年

7月 JULY

狂犬的危害

要预防狗咬，从而预防狂犬病，最有效的方法似乎就是给狗戴上嘴套。杰出的兽医雷诺（Renault）认为，被嘴套束缚的狗反而导致狂犬病的说法，没有任何事实依据。他还引用了在德国柏林得到的数据来证明

这一观点。1854年，柏林市下令给所有未拴狗绳的狗戴上嘴套，并要求严格执行。根据柏林兽医学校的统计，从1854年到1861年，柏林只出现了9例狂犬病发病病例，其中没有一例是1856年后染病的。

1862年

8月　AUGUST

美国内战中的造船业

目前，美国的大量工程机构正在忙于建造各种铁甲舰。此前，埃里克森上校（Capt.　Ericsson）与海军部签订了一纸合约，承诺根据“莫尼特号”的总图纸建造战舰。其中的五艘已在布鲁克林的格林波因特（Greenpoint）开工，大约有900人参与了工程。这些船的旋转炮塔将在装甲厚度上超过“莫尼特号”，其中多数船还将装备15英寸（约38.1厘米）口径的舰炮。

捕虎

在越南南部，虎皮价格昂贵，许多当地人都以捕虎为生。他们用来猎捕这些野兽的圈套相当特别。这些圈套由大片树叶组成，有时还用纸张。这些树叶或纸张的一面涂着粘鸟胶一类的黏液，黏液中含有毒药。这种毒药只要有一丁点进入这些野兽的眼睛，就会让它们瞬间失明。捕虎人在老虎的行进路线上布满这类陷阱，并将涂有粘鸟胶的一面朝上。野兽的爪子一旦踩上这些危险的树叶，就落入了陷阱：因为发现脚上粘了东西，它会尽力把树叶甩掉；而为了挣脱，它会将爪子在身上抓擦，部分毒液就会进入它的眼睛，把眼睛弄瞎。老虎在剧痛中咆哮，咆哮声会引来捕虎人前来将它杀死。

1863年

11月　NOVEMBER

石油事故

在石油从一地运往另一地的途中，或是石油在仓库或厂房储存时，部分液态石油会挥发，继而从容器上的细小孔洞逃逸到空气中。这不仅

会造成石油的损失，而且一旦逃逸的石油蒸汽和体积大约是其8倍的空气混合，就会变得同火药一样容易爆炸。这时如果有火柴或灯火与它接触，就会引发剧烈爆炸。曾经就有几艘装载石油的单桅帆船因此而爆炸。不久前，在美国纽约州奥尔巴尼的一家大型制药厂里，也发生了同样的事故。这类事件提醒我们要采取预防手段，比如使用不会泄漏的容器，并物色特殊的储存地点。

探索未知的世界

1856年

2月　FEBRUARY

木乃伊的命运

埃及木乃伊有时会被阿拉伯人挖出来当作燃料使用。不管是法老，还是法老的妻子、牧师或奴隶的木乃伊，都一样会被无情地劈开、剁碎——就像砍木头那样。用来防腐的树胶和香脂，使木乃伊成为了很好的烟煤替代品。因此，用来保存木乃伊的方法恰恰变成了促使他们消失的因素。

1857年

1月　JANUARY

利文斯通博士的故事

著名旅行家利文斯通博士（Dr.　Livingstone）刚一返回英国就开始演讲。在这段史无前例的旅程中，利文斯通博士只身走进对白人完全陌生的土著人的生活，不得不去面对许多难以形容的困难。凭着对土著人性格和贝专纳语详尽的了解，利文斯通博士逐步消除了当地人对他的敌意。跋山涉水、风餐露宿、浑身湿透对他而言都是家常便饭。在非洲，狮子数量庞大，许多部落崇拜狮子并将其视为已逝酋长灵魂的居所。然而利文斯通博士认为，在英国人们对非洲野兽的畏惧更甚于此。

1857年

2月　FEBRUARY

大漩涡

几乎所有的地理书都记载过挪威西海岸的大漩涡，它也曾出现在许

多精彩的故事之中。但一位欧洲的朋友告诉我，这个大漩涡其实并不存在。他说，丹麦国王派出一支探险队来完成一项科学航海任务：尽可能地沿着大漩涡边缘航行，测量它的周长，观测它的活动，并写成报告。探险队出发了，在传说中大漩涡所在区域四处航行，然而，那里的海面始终像德国海域的其他部分一样平静。在此之前，我听到的都是海洋中一定存在大漩涡，也一直相信这是个不争的事实，并且以为不仅船只，甚至巨鲸有时都会被这个可怕的涡流吞噬，永远葬身海底。

1857年

12月　DECEMBER

疟疾的幽灵

在英国，一支新的探险队已经整装待发，目标是进一步探索著名的尼日尔河——摩尔人将它称为“*Nel el Abeed*”，即“奴隶之河”，黑人又把它称为“*Joliba*”，意为“大水”。恶劣的气候一直是欧洲人进入非洲内陆的主要障碍，旅行和传教都因此受阻。在1855年的一次考察中，一位经验丰富的医生坚持让队员每天服用奎宁，结果所有探险队员都平安归来，“非洲灾难”也到此结束。既然人们已经具备了与气候斗争的实力，那么此次探险可能将是一次平安之旅。

1859年

1月　JANUARY

彗星的作用

彗星有何作用？这一直是引人关注的话题。在《科学的奇迹》（*Marvels of Science*）一书中，著名的趣味读物作家斯蒂芬·沃森·富勒姆（Stephen Watson Fullom）曾提到：笛卡儿（Descartes）、欧拉（Euler）等人相信，整个宇宙充满了一种难以察觉的介质，他们称其为“以太”。无数行星和恒星漂浮在“以太海洋”中。在这种介质中彗星则起着清道夫的作用，防止以太集结成块，使其保持稳定适当的稀薄状态。这种状态能保证，像引力、电、光这样的自然现象严格按照规律产

生作用。

译者注：“以太”是物理学史上一种假想的物质观念，笛卡儿曾以此解释太阳系内各行星的运动。在相对论建立之后，物理学家抛弃了这种观念。

1859年

3月 MARCH

大猩猩

非洲有一个由巨型猴子——大猩猩组成的部落。虽然白人早已知道大猩猩族群的存在，但至今未能成功活捉到一只大猩猩。它们生活在森林深处，与世隔绝，而且雄性大猩猩强大到能和狮子打斗。在非洲传教的威尔逊牧师（Rev. Mr. Wilson）曾提供过一个大猩猩头骨，目前保存在美国波士顿博物馆。去年，人们把一具大猩猩尸体装在酒桶里，从塞拉利昂寄给了欧文教授（Prof. Owen）。这只雄性大猩猩长相恐怖，身高5英尺（约1.5米），手腕粗细是人类的4倍。它们力大无比，徒手拧掉一个人的脑袋就像我们剥玉米那样容易。

1859年

7月 JULY

恐怖漩涡

挪威沿海的大漩涡并非虚构，关于该漩涡的古老传说更是为它增添了恐怖色彩——在这个巨大漩涡里，有一只旋转着的巨型沸水锅，鲸和船都会被卷入其中，永远禁锢在恐怖的水底。虽然这种漩涡可能确实存在，但它根本没那么恐怖。挪威海事部长哈格吕普（Hagerup）声称，大漩涡是由罗弗敦与莫斯肯之间的涨潮和落潮造成的，从落潮到涨潮这段时间的中间时段，漩涡最为猛烈。

1859年

9月 SEPTEMBER

蚯蚓

虽然蚯蚓一直受人轻视和践踏，但它们的确是一种有益的生物。查尔斯·达尔文先生（Mr. Charles Darwin）认为，蚯蚓在地下耕作，与人们在地上用铁锹给花园翻土或用犁耕地的作用类似。撒过石灰、泥灰或煤渣的土地表面，最终会覆盖一层细细的土壤。农民通常认为这是铺撒的功效。实际上，这全都是蚯蚓的功劳。达尔文说："施以泥灰的田地经过它们的劳作，80年后平均土壤厚度可达13英寸（约33厘米）。"

1859年

10月　OCTOBER

富兰克林的遗物

两年前出发前往北极寻找约翰·富兰克林爵士（Sir John Franklin）的探险队回来了。他们带回了关于富兰克林及其同伴厄运全面而翔实的消息。探险队队长罗伯特·麦克林托克（Capt. Robert McClintock）在维克托里角发现了富兰克林的记录本和遗物，并据此推断他遇难的时间大概是在1847年6月，到发现他的遗物时已经过去了11年。富兰克林的所有同伴也都葬身于这片不毛之地。我们希望，这是最后一次对这片覆盖着厚厚冰雪、令人恐惧的偏僻地区的探险。麦克林托克队长在那里发现了一条西北朝向的通道，但这有什么用？它根本不可能用于航行。因此我们的结论是，将生命和财富用于北极探险是一种浪费。

1860年

1月　JANUARY

食莲人

著名的非洲旅行者利文斯通博士从赞比西的来信中说道："在丰饶的希雷河谷，到处是沼泽和浅湖，其中生长着大量的莲属植物。当地人忙于采收它们的块茎，这些块茎在煮熟或烧烤后，吃起来就像栗子。因此，这些人是真正的食莲人，就像古希腊历史学家希罗多德（Herodotus）描述的那样。河谷的另一区域有很多大象——一种高贵

的动物。象群一个接着一个，让人望不到尽头。有时，我们会乘着小汽船追逐它们。河谷的高地上住着很多人，山上大多被开垦出了农田。以前，这里的人从没见过欧洲人，所以当他们看我们的时候，眼神中总是充满猜疑。虽然他们一直在观察我们，用弓和毒箭把自己武装起来，时刻准备击退任何进攻，但从没有过任何粗鲁的举动。”

译者注：希雷河位于马拉维南部和莫桑比克中部，源自马拉维湖南岸，汇入赞比西河。

1860年

4月　APRIL

电学理论

威廉·格罗夫爵士（Sir William Grove）的实验得到了非常奇妙的结果，完全证明了现代电学理论的正确性——该理论认为，从任何意义上讲，电流都不是一种物质材料，而只是一种物质属性（状态），或者说是普通物质微粒的运动。如果电不能在真空中传播，那么光、热、磁，以及可能包括引力在内的其他难以测量的力可能同样如此。然而，由于这几种力都可以自由穿越行星际空间，因此牛顿关于宇宙中充满以太物质的假设得到了间接但极为有力的支持。

1860年

8月　AUGUST

达尔文引发的争论

德雷珀教授（Prof. Draper）的论文引发了英国科学促进会上最为激烈的一场争论。这篇论文参考了达尔文博士近期提出的观点，对欧洲的智力发展进行了论述。

德雷珀教授在文中提出，人类不断进化是因为受到外部而非内部因素的影响。从这个意义上说，一个国家就像一颗种子，只有在条件适宜的情况下才能发展；包括人类在内的所有生物，它们的特征、寿命和生活都取决于自身所处的自然环境；虽然从表面上看，目前这个世界确实

表现出了不变性，但这只是自然界平衡的结果，一旦这种平衡发生变化，物种不变理论的荒谬性马上就会显现出来。

对抗达尔文

上文中提到的这篇论文引起了极大的关注。本杰明·布罗迪爵士（Sir Benjamin Brodie）表示，他无法赞同达尔文的假说。人类的自我意识从本原上可以把我们与物质世界中的其他事物区别开来。人的这种能力等同于神的智慧，如果说该能力产生于物质，那么就得承认神的力量之源取决于物质排列。显然，这是一种荒谬的说法。

备受尊敬且学识渊博的牛津主教（Bishop of Oxford）认为，用归纳科学（inductive science）的原理稍加检验，达尔文理论就崩溃了。特定形态具有永久性，这个事实已得到所有观察的验证。在人类的早期遗迹中，比如埃及的地下墓穴，人们发现的所有动物、植物和人类遗骸都表明，它们的各种特征与现有种类相同，生物的各项特征不可改变，这是上天注定的。

当征询著名植物学家胡克博士（Dr. Hooker）对此的意见时，他表示自己的观点与达尔文的一致，并且认为牛津主教根本没有理解达尔文的理论。

由此看来，达尔文已把科学界拖入了一场无休止的争吵之中，要真正理解达尔文的观点并不容易。

1860年

10月　OCTOBER

行星的末日

观测显示，每三年半环绕太阳一周的恩克彗星的公转周期在不断缩短，这说明它受到引力的作用，正向太阳靠近。根据这一事实难免得出一个概括性结论：行星在一种阻尼介质中移动，这种介质虽然比地球大气稀薄，但足以影响行星的运动。由此我们推断，行星会螺旋式趋近太阳，不过这会经过漫长的岁月。

译者注：恩克彗星是已知彗星中公转周期最短的一颗暗弱彗星，在1786年被首次观测到。恩克计算出了它的周期并发现其公转周期在缩短。目前人们认为影响行星运动的介质实际上并不存在，文中的推断没有充分依据。

1860年

12月　DECEMBER

神奇的古柯

古柯是产自秘鲁的一种古柯属灌木。最近，一种古柯叶煎剂传入了欧洲，因其具有特殊的兴奋作用而受到很多人的关注。咀嚼适量的（4～6格令，1格令约等于0.0648克）古柯叶可使神经系统进入兴奋状态，使用者因而能经受极大的体能消耗，抵御不良气候的影响，还会产生愉悦感和幸福感。仅仅依靠一小袋古柯，玻利维亚和秘鲁的印第安人就能一次旅行4天而不吃任何食物。这真是一个申请专利药品的良机呀！

1861年

4月　APRIL

铯

通过新的光谱分析法，我们首先知道了太阳中存在有哪些物质；随后，通过该方法我们发现了地球上两种新的金属。一种金属因为吸收光谱的独特色彩而被命名为铯；另一种尚未命名（后来被命名为铷）。铯和钾在性质上比较相似，并且它们在地球上的含量都极少。

1861年

9月　SEPTEMBER

可卡因提炼成功

最近，德国化学家尼曼博士（Dr.　Niemann）在研究古柯叶时，提取出了一种生物碱，他建议将这种生物碱命名为可卡因。纯的可卡因是一种呈棱柱状的无色晶体，属于碱性物质，味苦，放到舌头上会刺激唾液分泌，使人感觉冰冷。几位德国化学家和医生已经建议欧洲各国军队用古柯叶代替咖啡，以利用古柯那种广为人知的特性，在缺乏常规食物的情况下长时间维持士兵的生命力和体力。

1863年

1月　JANUARY

光线的奥秘

近年的科学发现赋予了人类探索自然的新力量。通过科学探索，人类揭示了大自然的奥秘——这些奥秘细微而精妙，远远超出哲学家的想象。当年艾萨克·牛顿爵士（Sir Isaac Newton）首次将一束光分开，证明其中包含几种颜色的光。而在不久以前，这个课题又升格成了一门专门的科学，名为“光谱分析”。促成其升格的，是两位德国教授基尔霍夫（Kirchoff）和本生（Bunsen）的伟大发现。基尔霍夫教授利用4个工艺精巧的棱镜，通过一架40倍望远镜观察了太阳光谱。他观察到了一系列模糊的带子和黑色的线条。结果，就像用显微镜第一次打开了微观世界一样，一片新的视野就此打开。通过对比分析这些黑色线条，人们揭示了太阳大气的化学成分。

1863年

3月　MARCH

埃及天文学

古埃及人竖起巨大金字塔的目的，一直是考古学家争论的话题。它们到底是帝王的陵墓、天文观测台，还是一台台日晷？它们是阻挡大漠飞沙的屏障，抑或仅仅是一座座粮仓？现在，埃及总督的天文学家马哈茂德·贝（Mahmoud Bey）提出了全新的解释。根据个人观察，他认为，古埃及人建造金字塔，是为了献给一位以天狼星作为其象征的神明。古埃及人相信，群星是无数神明的灵魂。这些神明以最高神拉（Ra）为首，其中天狼星代表审判死者的神明索提斯（Sothis）。因此，将作为陵墓的金字塔献给天狼星，应该说是完全合理的。

1863年

5月　MAY

达尔文不是无神论者？

近年来，科学家和其他人对达尔文先生的《物种起源》（*The Origin of Species*）有颇多争论。他的这一著作遭到了英美两国大多数评论者的严厉批评，因为他们在其中看出了无神论的倾向。他们的这种看法不是来自于书中举出的事实，而是基于作者得出的结论。最近，英国皇家学会会员托马斯·亨利·赫胥黎（Thomas Henry Huxley）发表了6篇面向劳工的演讲。根据这些演讲判断，达尔文似乎是被大众误解了。这6次演讲的主题是探索物种起源，并讨论有机物中各种现象的成因。所谓有机物，就是指能够生长、具有生命和繁殖能力的东西。例如一枚植物的种子就是有机物，而一粒沙子则不是。一切有机体都始于一枚卵细胞或种子，而每一粒种子都是被特别创造出来的，具有特殊的功能和繁殖力，就像《圣经》（*The Scriptures*）里所写的那样。

1863年

8月　AUGUST

日光之谜

如果太阳由煤组成，那么按目前的情况看，它就只能维持5,000年。太阳很有可能并不是一个燃烧的天体，而是一个炽热的天体。它的光芒是由炽热的熔融金属发出的，而非来自一个燃着熊熊大火的熔炉。然而在不损失热量或者没有新燃料补充的情况下，太阳不可能持续发热。假设太阳的持续热量来自落入其中的流星，假如我们又找到了能够证明有流星落入的证据，那么我们就可以从太阳系的质量大致推算出太阳已经持续发光了多长时间。这个时间长度应该在1亿年至4亿年之间。

译者注：后来人们发现，太阳发出的光和热来自于其内部的核聚变反应。

1863年

10月　OCTOBER

新金属铟

最近，联合学院化学会召开会议，宣告新发现了一种金属。报告中

说：“自从德国化学家本生在1860年发明分光镜以来，科学家已经在分光镜的协助下发现了好几种新的化学元素。1863年夏，萨克森州弗赖贝格的冶炼厂生产的许多产品都被检测出含有少量的铊。费迪南德·赖希（Ferdinand Reich）和特奥多尔·里希特（Theodor Richter）在该工厂的实验室中分析了一些矿石，希望从中找到铊的来源。他们将矿石处理后放于分光镜下观察研究，结果并未发现铊的谱线；不过，他们却发现了一条全新的靛蓝色谱线。这条谱线不同于任何已知物质产生的光谱。赖希先生和里希特先生宣布这是一种新型元素，并将它命名为‘铟’。”

第二部分　科技腾飞的年代（100年前：1906～1913年）

发明推动技术革新

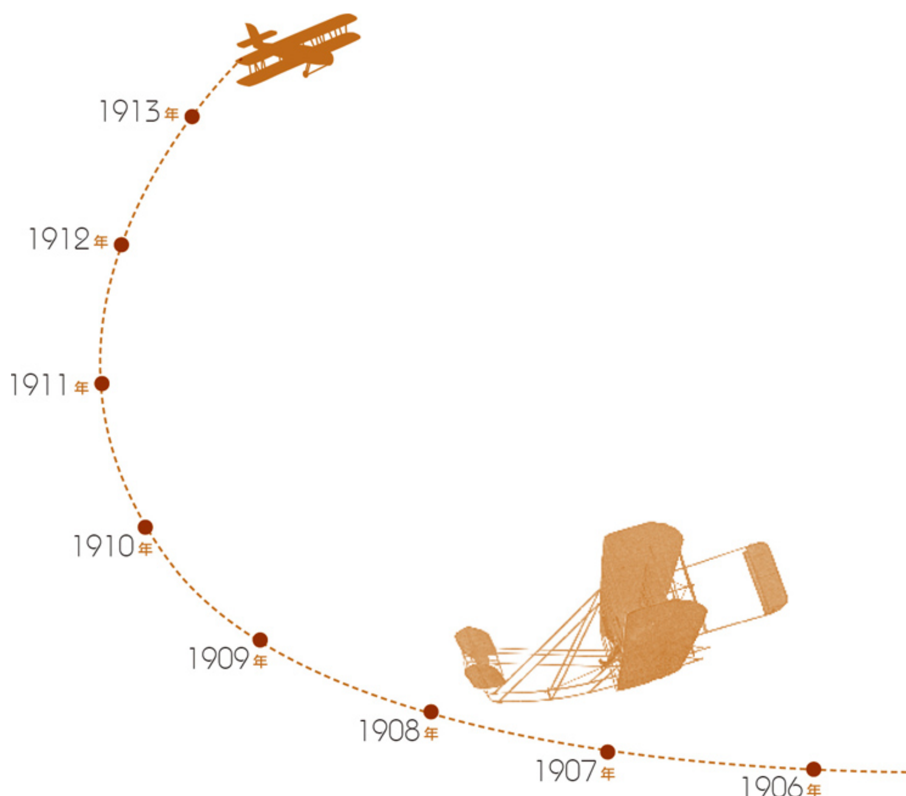
飞机的诞生及应用

蓬勃发展的交通运输业

“一战”前的社会生活

医疗卫生保障健康

科学的兴起与发现



20世纪初，第二次科技革命即将完成。科学与技术相结合，成为生产力发展的直接动力，生产方式的电气化促成了一大批重要发明的出现。自然科学发生了突破性进展，科学研究的触角不断延伸，这为后续的技术发展埋下了伏笔。一扇新时代的大门正在等待着人们开启。

发明推动技术革新

1906年

12月　DECEMBER

深海步行者

说起最新奇的潜水设备，当数巴黎知名水道测量工程师德普鲁维（de　Pluvy）的发明。这套潜水服由轻巧结实的金属薄片制成。各个关节和接合点由压实的皮革和橡胶制成。潜水者不像以往那样从外界获得空气，而是通过一条管子呼吸。这条管子连接着一个独特的氧气再生容器。在该容器中，装有一些能够产生氧气的化学物品。身着这套新型潜水服，德普鲁维成功下潜了300英尺（约91.4米）。



德普鲁维的潜水服打开了深海世界（1906年）。

1907年

2月 FEBRUARY

新鲜空气

防烟面具、防烟外套以及自给自足的呼吸装置已经在各类矿井、消防系统、制冷工厂的液氨储藏室和其他工业领域中普遍应用。通过一个装满氧气的钢瓶，这种奇特的设备一次供应的人造空气，足够使用者呼吸4个小时。在南美一些偏远的采矿区，补充氧气尤其重要。不过一些货运公司拒绝办理氧气钢瓶的运输业务。但现在，一种名为“oxylithe”的新物质问世了。它被制成小块，以便随时使用——一旦与水接触，它就会释放出纯氧。

1907年

电话音乐

卡希尔博士（Dr. Cahill）发明的“电传簧风琴”，能根据各种希望得到的音调的声振动产生出相应的电振动，再将电振动合成为需要得到的音调和和弦，然后通过电线传送到指定地点，最后利用电话听筒、扬声器等转换器材（在下图中，扬声器被装饰成吊挂植物），就能将合成的电振动转换成声音播放出来。



虚拟乐团：电子合成音乐通过装饰成悬挂植物的扬声器播放（1907年）。

1907年

7月　JULY

彩色照片

巴黎的卢米埃尔兄弟——奥古斯特·卢米埃尔先生（Mr. Auguste Lumière）和路易·卢米埃尔先生（Mr. Louis Lumière）带来了彩色摄影方面的创新！卢米埃尔兄弟是法国首屈一指的摄影专家，他们在一台普通照相机中的一块干版上拍出彩色照片，曝光时间不超过一秒钟。这种特制的干版其实是一块上面覆盖着细小颗粒的玻璃板（马铃薯淀粉是制造彩色颗粒的绝佳材料）。这些颗粒共有三种颜色，充当着干版的色彩过滤器。彩色微粒层上面是一层防水清漆，再上面是一层溴化银凝胶感光乳剂，这种乳剂对所有的颜色都非常敏感。

编者注：在1935年柯达彩色胶片和1936年爱克发彩色胶片出现以前，利用奥托克罗姆微粒彩屏干版照相是拍摄彩色照片最普遍的方法。

1908年

5月　MAY

“毛虫”拖拉机

过去几个月，英国军方测试了一种新型拖拉机，它能在凹凸不平的地面上运输重型机械。简单地讲，拖拉机的前后轮包裹着两条沉重的履带，履带外围上的众多凸起就像一连串的“脚”，让拖拉机能在坑洼的路面上缓慢爬行。由于行驶方式奇特，英国奥尔德肖特军事基地的士兵们很快就为它取了一个贴切的名字——“毛虫”。“毛虫”拖拉机的发明者是戴维·罗伯茨先生（Mr. David Roberts）。

编者注：卡特彼勒拖拉机公司的创始人之一本杰明·霍尔特，后来买下了这项发明的专利权。



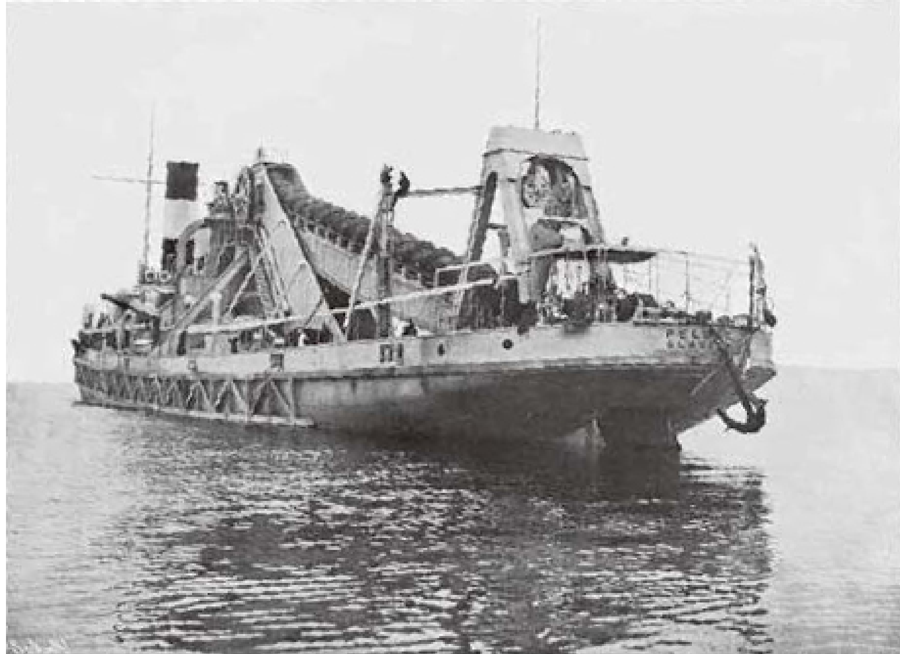
在凹凸不平的路面上载重行驶的履带拖拉机（1908年）

1908年

9月　SEPTEMBER

巨型挖泥船

为了拓宽和加深埃及塞得港的苏伊士运河段，埃及政府近来为挖泥的船队扩充了一艘新船。这艘船名为“佩吕斯号”（Péluse），是目前最大的海上链斗式挖泥船，它是在洛布尼茨公司位于苏格兰克莱德河的伦弗鲁船坞中制造的，与两年前他们提供给运河公司使用的“托勒密号”（Ptolemée）的设计相似。“佩吕斯号”的甲板长305英尺（约93米），挖泥机的功率有600马力（约441.3千瓦），船上所有传动装置都装有机械切削齿。



清除淤泥：苏伊士运河上的巨型链斗式挖泥船（1908年）

1909年

2月　FEBRUARY

阿斯曼气球

用于气象观测的阿斯曼橡胶气球升上两万米高空，如今已经不是新鲜事了。在高空探测技术的改进中，最引人注目的是普鲁士皇家航空观测台负责人理查德·阿斯曼博士（Dr. Richard Assmann）的一项发明。以前，气象气球都是气体容积达500立方米的庞然大物。1901年，阿斯曼博士用薄橡胶片制成了一种小得多的气球，取代了原来的庞然大物。在充满氢气并密封完好后，这种小气球会持续上升，直至因内部气体膨胀而破裂。整套装置的总重量为2,450克，包括直径1,500毫米的气球、记录设备、吊篮和棉制降落伞。

1909年

4月　APRIL

语音锁

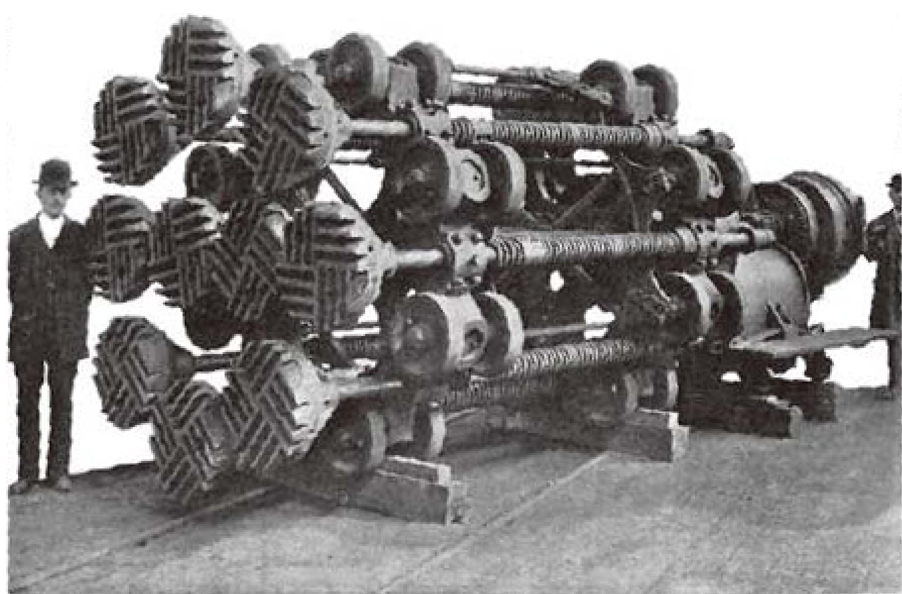
利用留声机原理，有人发明了一种语音安全锁——只有主人的声音才是开锁的“钥匙”。这种安全锁用一个类似电话话筒的传声筒代替门的球形把手，在筒里面还有一根普通的针，它会沿着留声机内滚筒上的声音刻槽滑动。在开锁前，主人要先对着蜡筒式留声机说出开锁密码。不过，报告中没有说明，当患了感冒的主人站在办公室门前会发生什么情况。

1909年

5月　MAY

掘地能手

如何在岩石中开凿隧道？如何在开凿时消除钻屑和粉尘以及危险的碎石？有关这些问题的新想法总是层出不穷。自1853年以来，已有至少69项与隧道挖掘机器相关的发明获得专利保护。下页图中所示的挖掘机制造于美国东部，现已被运到科罗拉多州的乔治敦，准备投入使用。这台机器重达29吨，巨大的框架上固定有10个用于压碎岩石的巨型钻头。该机器的工作原理是研磨岩石而非切割它们。据称，即便每个钻头每次冲击只能深入一张纸的厚度，它每分钟也能前进1英寸（约2.5厘米）。



用于开凿坚硬岩石的隧道挖掘机（1909年）

1909年

8月　AUGUST

电视机原型

因为在无线电话及电报领域的一系列发明，德国柏林的埃内斯特·吕默先生（Mr. Ernest Ruhmer）名噪一时。现在，他又成功完成了第一台或许可以真正解决图像远程传输难题的演示设备。在被送往比利时布鲁塞尔向明年世界博览会的组织者展示之前，笔者有幸仔细观察了这台新奇的设备。实际上，一台耗资仅125万美元，能精确地远程传输图像的完善设备，将成为明年世博会的主要看点。

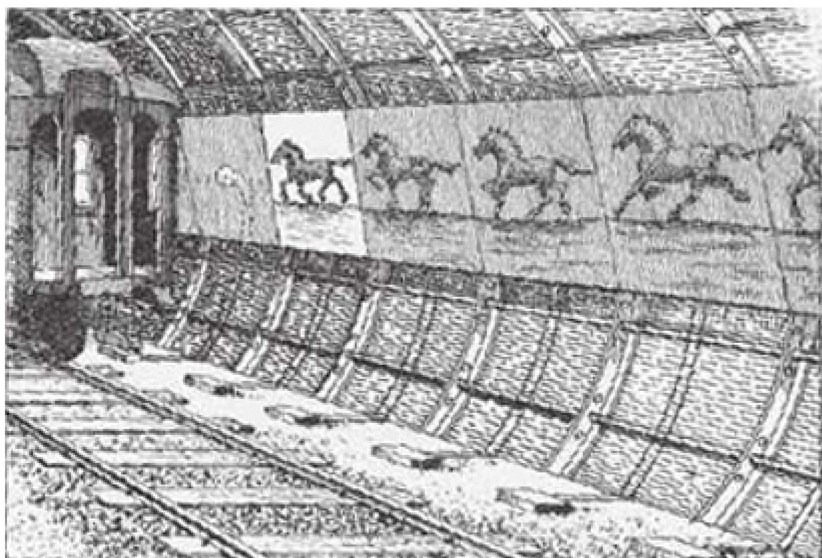
1909年

10月　OCTOBER

地铁上的娱乐

众所周知，将记录有间断性系列动作的胶片放在放映机或幻灯机前

移动，观众就可以在屏幕上看到连续的影像——电影就是这样制作出来的。如果图片是静止的，而观众在移动，应该能产生同样的效果。一位天才发明家由此找到了一种方法，使无聊单调的地铁旅行变得有趣。他打算在地铁两侧装上连续图片，并用背景灯依次照亮它们。具体效果请看示意图。



给地铁乘客增添趣味的人工布景（1909年）

1910年

12月　DECEMBER

信息解冻

俄国政府发现，到目前为止，由于严冬的暴风雪，一年之中2/3的时间都无法与堪察加地区保持联系。但现在，在无线电报的帮助下，该地区也许全年都能与外界保持联系。政府已经建立了一系列基站，在这些孤立站点上执勤的工作人员也将得到特殊奖励。

1911年

2月　FEBRUARY

发明家与农夫

在所有帝国发展史中，美国西部开发是最为华丽的一章：它从一个只有大片草原、沙漠和原始森林的地区，发展为世界上最富饶、最广袤的农业帝国。这一迅速而彻底的蜕变，主要归功于精密且性能优越的农业机械的发明（如图所示）。机械工程师不仅一下子简化了工作，还提高了农田的产量。



科学影响农业：机械化大大提升了农业产量（1911年）。

1911年

3月　MARCH

建筑用混凝土

约在15年前，人们就开始努力尝试将钢筋和混凝土组合在一起使用。通过这种方式生产出来的建筑材料不仅拥有极强的抗压能力，而且抗弯能力和抗拉伸能力也很强。经过大量实验，现代钢筋混凝土应运而

生。这种混凝土不但可用于目前的各种砖石结构建筑中（如下图），现在还进入到一直以来人们认为只有用钢铁才能构造的建筑领域。



人们用钢筋混凝土在美国一座城市建造大桥（1911年）。

1911年

9月　SEPTEMBER

特斯拉涡轮

尼古拉·特斯拉（Nikola　Tesla）的名声无疑建立在他对刚刚创立的电气工程学的贡献之上，但是——《科学美国人》的读者一定会对这一点感兴趣——特斯拉接受的训练和选择的职业却都是机械工程师。过去几年里，他一直把大量精力花费在热动力转化的改进上。他提出了一些理论，并做了一些实验，最终发明了一种前所未有的发动机。简单地说，特斯拉的蒸汽发动机构造如下：在一个轴上装有一组扁平钢制圆盘，它们能够转动并被罩在罩子中。启动时，蒸汽从圆盘边缘高速进入

发动机，然后沿着螺旋形轨迹在圆盘间自由流动，最后由发动机中央的出气孔逸出。特斯拉利用流体的附着性和黏滞性（蒸汽被吸附在圆盘表面），将流动着的流体的动能传递给圆盘和轴杆。

编者注：这种钢制薄圆盘无法承受较高的温度和转速。碳纤维或陶瓷等新材料或许会让人对这种紧凑型设计重新产生兴趣。

1912年

1月　JANUARY

混凝土方案

托马斯·爱迪生先生（Mr. Thomas Edison）想出了用混凝土建造家具的主意。这些家具将在他的混凝土住宅中使用，其优点是造价低廉。如今，爱迪生已经制作了家具样品——一个混凝土柜子，它的成本仅10美元。爱迪生先生解释说，这不会是柜子的市场价，他也不敢贸然报出它在商店里的售价，因为他还不知道中间商会谋取多大的利润。为了测试这件家具能否承受运输工人的野蛮操作，爱迪生不久前还将它在其原所在地和芝加哥之间运了个来回。

1912年

2月　FEBRUARY

机器代替人力

可以说，过去十年中，拖拉机的快速进步，比其他任何农业技术的发展都更有价值、更加重要。汽油拖拉机的问世，是农业向大范围的机械化生产迈出的第一步。此前，打谷机操作工都像是一成不变的工程师；现在有了多功能拖拉机，他们的职责也增加了。除了保养自己的机器，他们还要学会直线驾驶，避开坑洞障碍，还得确保机器始终运转，好为它的主人赚钱。出于这种需要，一种新的职业应运而生。那是更高级的工种，是农夫和工程师的结合，简明地说，就是“拖拉机师”。



结合了农夫和工程师的新工种拉开了机械化农业的帷幕（1912年）。

1912年

3月　MARCH

无线电通信

短短几年，美国海军的每一艘船只，包括运煤船、拖船和缉私船队（Revenue Cutter Service，即后来的海岸警卫队）的小艇，都配备了无线电设备。这些设备的一个重要职能，就是对执行公务的缉私船（即巡逻艇）实施部署。记录显示，“格雷沙姆号”（Gresham，见下图）已经挽救了60多人的生命，并将40多艘失控船只拖离危险海域。



在“格雷沙姆号”的无线电舱内，船员正监听着从布满礁石的新英格兰沿海传来的求救信号（1912年）。

1912年

6月　JUNE

垃圾再生

《一千零一夜》（*Arabian Night*）中最神奇的故事也比不上德国工业化学家（见下图）对垃圾的处理。对这个德国人来说，一堆垃圾就是一座金矿。帕默斯顿勋爵（Lord Palmerston）说过：“垃圾只是放错地方的资源。”这个德国人的研究为这句话做了阐释。比如，他教会了我们如何利用高炉副产品。德国人在工业生产上的节俭可以从下面这个有意

思的事例中体现出来，他们将铸铁厂里的大量烟道废渣压成砖状——那里面通常富含焦炭和铁矿石。



工业化学家正发奋工作，设法变废为宝（1912年）。

1912年

8月　AUGUST

硫矿发掘

在意大利西西里岛，硫磺生产所覆盖区域的面积大致相当于美国康涅狄格州。有35万名农民在这里的矿中工作，他们文化素质较低，普遍缺乏营养（见下图）。西西里的硫矿采掘方法原始落后，从罗马时代起就一直如此。在市场投机、高利贷及当地家族间不和的长期影响下，19世纪末西西里的工业逐渐衰落；人们在美国路易斯安那州的墨西哥湾沿岸平原地带意外发现了储量巨大的硫矿，使得西西里的采矿业更加举步维艰。自从赫尔曼·弗拉施（Herman　Frasch）发明了将地下1,000英尺（约300米）的硫液化后，以液态的形式抽上地面的方法，硫的平均生产成本就下降到了每吨3.68美元，而西西里的平均采矿成本仍旧高达每

吨12美元。



两个在劳动密集型产业工作的年轻矿工站在铸造成形的硫块上（1912年）。

1913年

4月　APRIL

为后燃料时代做准备

全世界的煤矿再过几个世纪就会耗尽。届时，我们要从何处开发能源，来驱动工业之轮呢？答案就是利用自然。早在我们评估矿产储量、决定量入为出之前，科学梦想家们就已经在思考自然力能否为人类所用了。我们已经在广泛使用水力，也就是所谓的“白色煤炭”。潮汐和海浪为我们带来了一部分电力。发明家们正在开发未来使用的引擎，这些开发看起来非常有意思。本期封面（见下图）展示就是一部典型的装置

（当时正在加利福尼亚州的威尼斯进行安装），它是从几百个专利中随机挑选出来的。



波浪发动机：旨在利用自然的未来派设计之一（1913年）。

1913年

5月　MAY

制鞋业

在其他行业，许多制造商已将大量资金投入在陈旧的机器，从而无力进行设备更新，过时的设备往往导致他们的生产成本很高。然而，联合制鞋公司却是一有创新，就要自己出资“报废”几百部机器。短短一年时间里，公司就撤换了不下4,000台机器，以便给最先进的新机器腾出空间。这就是大众能够买到消费得起的鞋子的原因。

1913年

6月　JUNE

潜艇通信

美国海军启用了一种名叫“潜水艇小提琴”的装置，用来在潜水鱼雷艇与岸上的哨所或其他船只之间传递信号。这个装置根据小提琴的原理构建：潜水艇的一侧伸出两条金属杆，杆头上系一条拉紧的钢琴线，线和一只轮子的粗糙边缘接触。随着轮子转动，线上就会产生振动。振动的钢琴线可以发出点和线组成的普通的莫尔斯电码。在弗吉尼亚州的汉普顿锚地所做的实验证明，潜艇发出的振动能够清楚地传到5英里（约8千米）之外。

飞机的诞生及应用

1906年

1月　JANUARY

对莱特兄弟的怀疑

巴黎一家汽车报纸最近公布了一封莱特兄弟（Wright brothers）写给法国陆军上尉费伯（Capt. Ferber）的信，信中叙述的内容必须让莱特兄弟予以公开证明。如果一个如此令人激动而又极其重要的试验（飞机飞行），是在一个不太偏僻的城市（美国俄亥俄州的代顿）进行的，而且几乎每个人都对此抱有浓厚的兴趣，那么人们怎么能相信，都这么久了，那些有魄力的美国记者居然还没有打探出这件事情的内幕并且发布出来？众所周知，当前门被锁上时，有的记者可以不惜爬上15层的高楼，从烟囱里钻进去打探消息！在这个问题上我们肯定还需要了解更多信息。

编者注：莱特兄弟对他们的秘密试验简要地进行了说明，但公开飞行一直推迟到1908年8月。



莱特兄弟正在对他们的飞机进行测试。

1906年

4月 APRIL

莱特飞机

奥维尔·莱特先生（Mr. Orville Wright）和威尔伯·莱特先生（Mr. Wilbur Wright）在最近发给美国航空俱乐部的声明（莱特兄弟在美国发布的第一份权威声明）中宣布，他们的动力驱动的载人飞机已经解决了机械飞行这一世纪性难题。在过去的三年里，他们对这一飞行器进行了反复测试和多次改进，目前已经完成了150次试飞，平均每次航程为1英里（约1.6千米）。10月5日的最后一次飞行航程达24.2英里（约38.95千米），超过了1904年中105次飞行的总航程。

莱特兄弟的发明认证

1905年11月我前往代顿，确认莱特兄弟签发给巴黎热爱飞行者俱乐部和纽约航空俱乐部的声明是绝对真实准确的。毫无疑问，我认为他们已经通过动力方式解决了载人飞行的难题。鉴于这一发明的经济价值，直到最近，莱特兄弟还尽力对此保密。

——奥克塔夫·夏尼特（Octave Chanute）

ABC 环球科学小词典

夏尼特：旅居美国的法国航空试验家。他从19世纪70年代开始研究飞行器，并于1894年出版了《飞行器之进展》一书，整理了重要的航空发展史，并对飞行使用动力提出建议。也因为此书，莱特兄弟于1900年和夏尼特结为朋友。此前，夏尼特曾制造一架双翼滑翔机，对莱特兄弟影响极大。

发明认证：向相关专业组织发布声明是20世纪西方发明家提出专利申请的重要手段之一。在这一方面，莱特兄弟可算是成功的典范。经过专业人士对他们的发明进行检验后，他们于1906年获得了专利权。

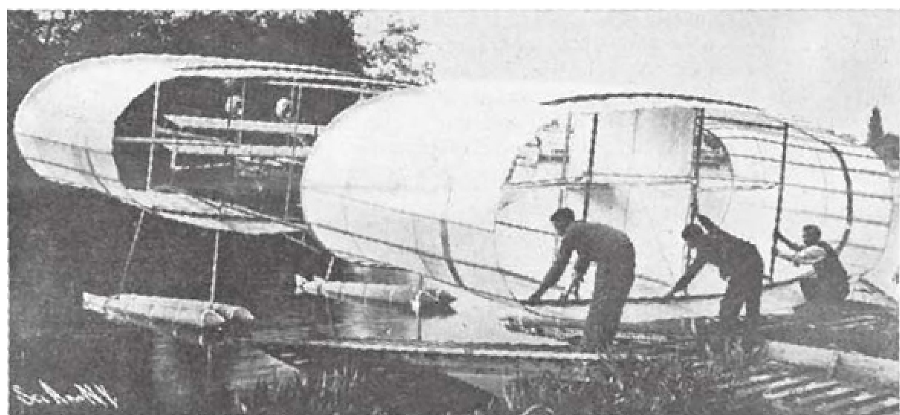
1906年

8月 AUGUST

飞行狂热

法国航空俱乐部设立的飞行大奖，大大推动了飞机行业的发展。下

页图展示了布莱里奥（Blériot）和瓦赞（Voisin）在他们位于巴黎市郊的工厂里所制造的新型飞机，在昂吉安湖上空进行的首次试飞。但是由于在试飞中发现该飞机还有一些地方需要改进，这次只进行了一次短距离飞行。目前，在法国所有飞行器中，最为重要的可能要数桑托斯-杜蒙特（Santos-Dumont）的飞机了。这架飞机被命名为“双14号”（14bis），制造它主要是为了争夺奖金达1万美元的多伊奇-阿奇迪肯飞行大奖。



布莱里奥的飞机在法国亮相（1906年）。

1906年

11月　NOVEMBER

桑托斯 - 杜蒙特档案

10月23日下午，桑托斯-杜蒙特驾驶着他的飞机，在距离地面20英尺（约6.1米）的空中飞行了150英尺（约45.7米）的距离。实验地点就在巴黎附近，包括法国航空俱乐部代表在内的一大群人见证了这一实验。据电讯称，飞行器具有良好的稳定性。无论如何，这都是动力驱动的载人飞机在多人见证下进行的首次飞行。如果将这一实验与莱特兄弟所宣称的成果对比，会发现一个惊人的事实：这个巴西青年发现，他的飞行器要飞上天的话，至少需要一个50马力（约36.8千瓦）的驱动装置；而莱特兄弟的飞行器，在重量上是该飞行器的两倍，发动机功率只有它的一半，但莱特兄弟宣称的飞行速度却将近巴西青年的两倍。

1906年

12月　DECEMBER

首次飞行

美国俄亥俄州代顿的莱特兄弟将第一架能够成功飞行的飞行器推向了世界。这是一项划时代的发明，标志着人类在飞行技术上的巨大进步。莱特兄弟表现出的谦虚与朴素，在发明史上也无人可与之媲美。但因为对成功太过轻描淡写，而这样的成就又太过辉煌，以至于人们对其真实性产生了怀疑；而发明者拒绝让人登上飞机，并对构造细节保持缄默，这些加深了人们的怀疑。不过，《科学美国人》写信给17位据说见证过多次飞行的目击证人求证此事，并收到了这些声誉良好的当地人的回信，对这一成就的所有质疑就此烟消云散。可惜，国外的飞行界同仁没有认识到这些事实的重要意义，所以当桑托斯-杜蒙特近期驾驶着飞机在空中飞过100多英尺（1英尺约为0.3米）的距离时，他在欧洲赢得了第一次成功飞行的赞誉。

1907年

1月　JANUARY

为竞技运动和战争而飞

随着机械飞机的飞行成功，现在我们可以适当地把兴趣从飞艇转移到飞机上了。飞机的用途将主要体现在军事上：在侦察勘测和部队的紧急调派方面，它具有不可估量的价值。不过，飞机的主要发展方向最终很可能是在竞技运动领域。在这一领域，它应该会像汽车一样大受欢迎。

1907年

4月　APRIL

悬赏飞行

尽管全美有许多发明家投身于航空研究，努力研制真正的动力飞行器（也就是重于空气的飞行器），但到目前为止，美国还没有进行过飞行器的公开飞行。最先进的重于空气的飞行器制造技术似乎掌握在两名年轻的试验家，莱特兄弟的手上，关于他们的报道已经铺天盖地。作为美国历史最为悠久的科学和工艺杂志，《科学美国人》应该带头鼓励创新发明。因此，杂志主办方决定设立一个奖项——科学美国人飞行大奖。该奖项奖金金额不菲，将用来奖励动力飞行器竞赛的优胜者。

1907年

9月　SEPTEMBER

飞行大奖

大约4年前，莱特兄弟在美国宣布，他们成功地将汽油发动机应用于飞机。尽管莱特兄弟和见证者们都说确有其事，但因莱特兄弟从未公开展示过，所以很多人还是对此表示怀疑。不管怎样，其他人也有可能在这方面取得突破，而且未来会有更多改良的重于空气的飞行器出现。因此，为了重奖对飞行行业做出贡献的发明家，科学美国人大奖现已颁给了美国航空俱乐部，用来纪念兰利飞行器——第一架飞行距离超过0.5英里（约0.8千米）的动力飞机模型。

1908年

1月　JANUARY

法尔芒的飞行

1月13日，星期一，在法国航空俱乐部的官员见证下，亨利·法尔芒（Henri　Farman）因首次驾驶重于空气的飞行器以封闭的环形飞行轨迹飞行了1千米而获得多伊奇-阿奇迪肯飞行大奖，奖金为5万法郎。尽管法尔芒再次完成了莱特兄弟两年前在法国创下纪录的环形飞行，但法尔芒发现，因为无法携带足够的燃料，他的飞行器在现阶段还无法承担长途飞行任务。而且，当风速达到20英里／小时（约32.19千米／小时）时，他不能证明飞行器逆风飞行是否安全，但莱特兄弟在1903年首次驾

驶动力驱动的飞行器时，就做到了。

1908年

2月　FEBRUARY

飞行运动

目前，人们热衷于飞机主要出于科学兴趣、竞技运动爱好和商业目的。但是，人们不需要拥有私人实验室或制造厂就可以上天飞行的时代快要到来了。飞行时在天空自由翱翔所带来的兴奋感，是划船、骑行或是赛车等类似运动无法比拟的。

——威尔伯·莱特

1908年

3月　MARCH

“红翼号”首次试飞

去年夏天，亚历山大·格雷厄姆·贝尔博士（Dr. Alexander Graham Bell）成立了航空试验协会。过去三个月，该组织一直忙于“红翼号”（Red Wing）飞机的制造与测试。这架飞机使用了柯蒂斯发动机，它的输出功率为40马力（约29.4千瓦），有8个气缸。弗雷德里克·沃克·鲍德温先生（Mr. Frederick Walker Baldwin）驾驶“红翼号”进行了首次试飞，测试方案听上去很不错，内容包括让飞机爬升到奔跑者头顶、在冰面上滑行等。由于气温回升导致试验地点——纽约哈蒙兹波特附近的丘卡湖冰面消融，测试本来有可能无法进行。然而，幸运的是，一场及时的寒流让测试得以继续。3月12日，在第一次测试中，该飞行器飞行了318英尺11英寸（约97.2米）。

1908年

5月　MAY

秘密飞行

一收到莱特兄弟即将进行飞行试验的消息，很多报社的记者便涌向试验地点——位于美国北卡罗来纳海岸，弗吉尼亚诺福克以南高高凸起的沙丘。但是，莱特兄弟拒绝在附近有记者时进行飞行试验。媒体的记者只好藏在距试飞点1英里（约1.6千米）的地方，通过小型望远镜远距离观察飞行试验情况。



莱特兄弟的飞行（1908年）

1908年

6月　JUNE

莱特兄弟的来稿

1908年春，我们与政府签订了合同，条款中要求的性能与我们在1905年进行的飞行试验有些差异。那一年的10月5日进行的飞行试验是最令人满意的，当时的飞行时速为每小时38英里（约61.2千米），飞行距离略远于24英里（约38.6千米），机上只有一名飞行员。但根据合同要求，我们此次要制造的飞机时速要达到每小时40英里（约64.4千米），能搭载两人，载油量可以支持125英里（约201.2千米）的航程。我们近期的实验目标是按合同要求检测飞机，并保证我们能够熟练使用

安装在新飞机上的操纵杆。

——奥维尔·莱特和威尔伯·莱特

1908年

7月　JULY

柯蒂斯飞行

7月4日，在纽约哈蒙兹波特，航空试验协会的第三架飞机“金甲虫”（June　Bug）进行了飞行，以赢取科学美国人大奖。美国飞行俱乐部的成员和一些飞行爱好者见证了此次飞行。按规定，首场飞行比赛需要完成1千米的直线飞行。柯蒂斯先生（Mr. Curtiss）是第一位自愿挑战试飞的飞行员。根据规则，如果能完成飞行任务，他就是第一个赢取大奖的选手。第二次试飞的时间是晚上7点。飞机一起飞就迅速攀升，并在距地面20英尺（约6.1米）左右的高度高速飞行。接近终点时，飞机的高度下降到15英尺（约4.6米），然后继续向前，大幅度左转，在无损伤的情况下，降落在起伏不平的地面上。这次的飞行距离可能达到了1英里（约1.6千米）。最终，他试飞成功，赢得了我们的首个大奖，我们向他表示祝贺。



柯蒂斯获得科学美国人大奖（1908年7月4日）。



科学美国人飞行大奖奖杯（1908年）

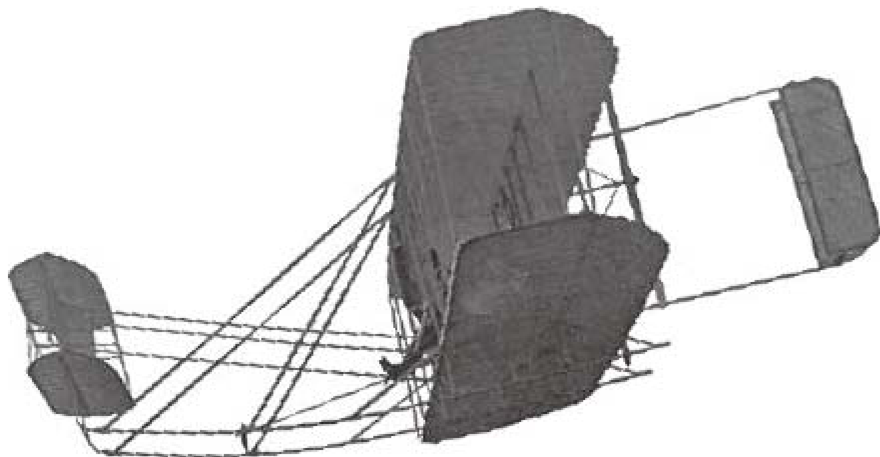
1908年

8月 AUGUST

冲上云霄的莱特兄弟

鉴于威尔伯·莱特在法国进行了精彩的飞行表演，而且不久后在靠近华盛顿的迈尔斯堡，奥维尔·莱特也将进行飞行表演。因此在这期杂志中，我们很高兴地为读者呈现这架闻名世界的飞机的首张清晰照片。在

此之前，莱特兄弟对飞机的情况一直严格保密。



威尔伯·莱特在法国勒芒驾驶的飞机（1908年）

1908年

9月　SEPTEMBER

空难事故

在曾经发生过的灾难事件中，很少有比莱特飞机的突然坠毁更令人伤心难过的了。在这起事故中，年轻有为的陆军中尉托马斯·塞尔弗里奇（Lieut. Thomas Selfridge）丧生；天才发明家奥维尔·莱特在强烈撞击中身受重伤。尽管这次事故令人惋惜，但人们不应怀疑飞行技术。即便这起事故凸显了飞行的风险，但它不会动摇我们对飞行原理的信心，毕竟莱特兄弟基于这些原理制造出的飞机取得了如此辉煌的成就。

1908年

12月　DECEMBER

“少女号”飞机

巴西著名飞机试验家桑托斯-杜蒙特再次向人们展示了一种小型飞机——上个春天，他曾驾驶这架飞机进行飞行试验。为了增强这架单翼机的横向稳定性，桑托斯-杜蒙特设计的飞机双翼带有微小的上反角，驾驶

员座位和发动机位于双翼下3英尺（约0.91米）处，从而使得重心低于支撑线。飞机翼展仅为16.4英尺（约5米）。由于这架飞机体积较小［因此被桑托斯-杜蒙特命名为“少女号”（Demoiselle）］，桑托斯-杜蒙特仅用一辆汽车就把它从巴黎运到了圣西尔。

1909年

8月　AUGUST

布莱里奥的成功

布莱里奥跨越英吉利海峡那次引人注目的飞行，已成为飞行史上值得永远纪念的里程碑事件。虽然此前还有距离更长的陆地上方的飞行，但没有人会因此小看这次伟大的飞行。清晨飞越英吉利海峡所面临的巨大风险、所需要的极大勇气，都决定了这是一次独一无二的飞行。同时，作为首次飞越英吉利海峡的飞行器，布莱里奥驾驶的这种单翼飞机的声望得到极大提升。

1910年

5月　MAY

飞行比赛

法国人路易·波扬（Louis Paulhan）是所有飞行员中最杰出的一位。他驾驶飞机飞上了1英里（约1.6千米）的高空并完成了从伦敦到曼彻斯特的飞行壮举。他的这次飞行，航程为186英里（约299千米），中途只停下来加过一次油，平均时速超过每小时40英里（约64千米）。通过这次飞行，他完成了与英国飞行员格雷厄姆·怀特（Grahame White）的飞行比赛——只有看过从大西洋彼岸用电报发来的一些比赛细节，我们才能完全明白上述两位飞行员之间的这场精彩比赛的重大意义。由于在比赛中的出色表现，波扬获得了50,000美元的奖金。这不仅是对他飞行技术的褒奖，也是对帮助他赢得这场比赛的法尔芒双翼飞机优异性能的肯定。

1910年

6月　JUNE

合法飞行

为支持莱特兄弟，黑兹尔法官（Judge Hazel）曾对柯蒂斯设置禁令，汉德法官（Judge Hand）也对波扬设置过类似禁令。但根据专利法早已确立的判例，巡回上诉法院解除了这些禁令。要知道，在莱特兄弟决定公开所有秘密，向世界展示他们秘密试飞过多次的飞行器之前，柯蒂斯就已经是一个成功的飞行员了。布莱里奥也是如此，在莱特兄弟进行公开的飞行表演前，他就曾大胆地试验过一段时间。令人吃惊的是，初级法院竟没能从这些事实中找到足够的证据冲突，来否决这些禁令的颁布。现在，巡回上诉法院撤销了初级法院的决定，美国航空业可以毫无阻碍地发展了。

刺激的比赛

飞行员查尔斯·基尼·汉密尔顿（Charles Keeney Hamilton）成功地完成了从纽约到费城的一次大胆、惊险的飞行。这次飞行由《纽约时报》（*The New York Times*）和《费城公共基石报》（*Philadelphia Public Ledger*）共同策划。汉密尔顿带着纽约市长盖纳（Gaynor）写给宾夕法尼亚州州长斯图尔特（Stuart）的信，按预定时间开始了飞行。在相当长的一段旅程中，汉密尔顿都在和一列专列比赛，但火车很难追上他驾驶的飞机。



飞机就是快：查尔斯·汉密尔顿驾驶的柯蒂斯双翼飞机和火车比赛（1910年）。

1910年

7月　JULY

优美的飞机

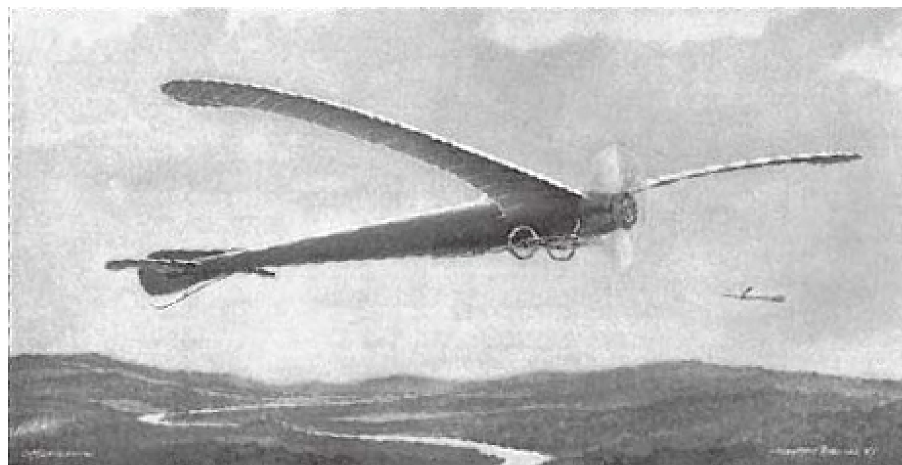
兰斯航空会议最重要的成果就是，确立了单翼飞机无可争议的优势地位。这一定会让法国人格外高兴。他们似乎已经认识到，尽管与双翼飞机坚固的桥式结构相比，单翼飞机本身较为脆弱，但如果这个固有缺陷能得到改进，这类飞机的优点其实很多：构造简单、头部阻力小、机身轻盈。单翼飞机的优势还在于，在外形和构造上，它与飞鸟是如此接近，简洁优美的轮廓具有艺术美感——对于极具审美情趣的法国人而言，这最终被看作一大优点而备受青睐。

1910年

10月　OCTOBER

竞速飞机

在一定程度上，对于未来主要以竞赛为目的而制造的飞机，我们可以去预测它的主要特性。过去一年里，飞机的直线飞行速度从每小时50英里（约80.5千米）提高到了75英里（约120.7千米）。如果按图中所示的那样设计，飞机的速度大概能达到什么程度？鉴于飞机悦目的外形，表面完全没有金属丝、支架和其他增加阻力的附件，再加上平滑的钢制表面，我们保守估计，这样的飞机时速能达到每小时100~125英里（约160~201千米）。



1910年构想的未来竞速飞机

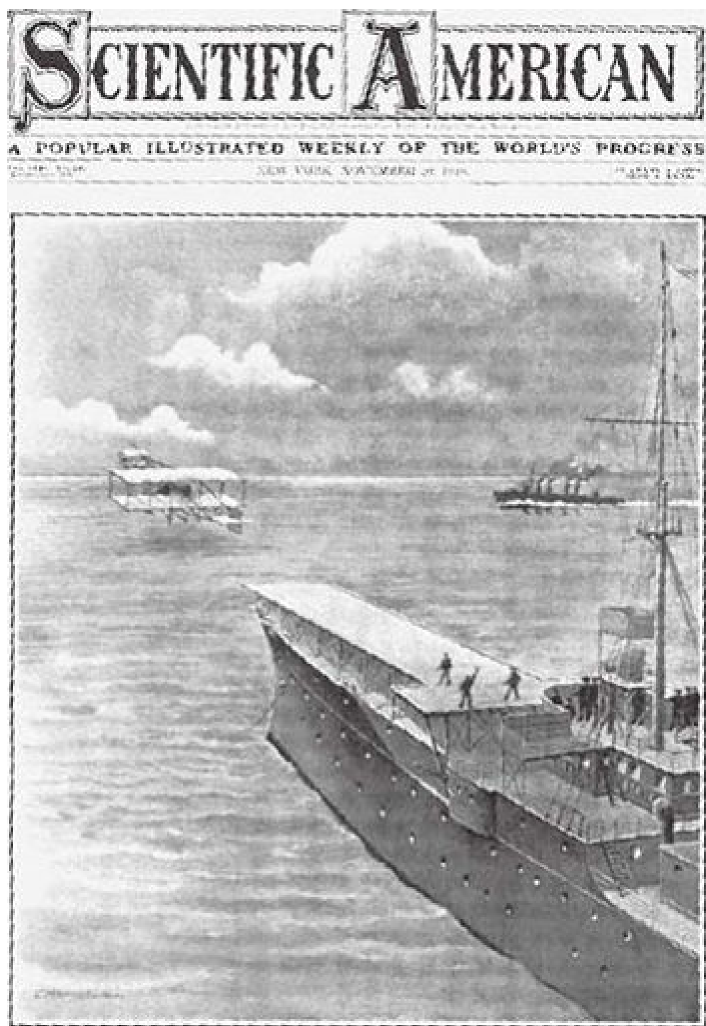
1910年

11月　NOVEMBER

首位海军飞行员

尤金·埃利（Eugene　Ely）是史上第一个驾驶飞机从军舰甲板上起飞，并在岸上指定地点降落的飞行员。这次尝试让埃利和他的柯蒂斯双翼飞机正式被征用。如图所示，“伯明翰号”（Birmingham）船首建有一

个平台。尽管风雨交加，埃利还是决定尝试飞行。在狂风间歇时，他启动了飞机引擎，但飞机一冲出平台就迅速下落，直至碰到水面溅起水花。这时，观众都以为飞行到此就已结束，没想到飞机再次爬升，在空中继续飞行。它径直飞向最近的降落点，并在那里安全着陆。



首次从美国海军军舰上起飞的飞行：尤金·埃利驾驶着他的柯蒂斯双翼飞机创造了历史（1910年）。

1911年

5月　MAY

质疑飞机

飞机既是一架飞行器，也是一个死亡陷阱。相比同时代的其他伟大发明，飞机多少算是横空出世。它由一个中国式风筝、一个汽车发动机、一个餐馆用的风扇、一些气球舵、数只儿童自行车车轮和几个雪橇组成，这些组件由钢琴丝连在一起，并用胶带和巨型橡皮筋固定。当两个勤劳而又务实的修理天才（经过反复试验自学成长的工程师），证实了他们可以通过扭动帆布来平衡和操控飞机后，这种发源于“玩具王国”的飞行器最终得以进入工业、政治、军事和金融领域。现在，世界已经开始用审视的目光打量飞机这种功能强大，但又存在巨大安全隐患的机器了。

1911年

7月　JULY

航空邮件

6月28日，巨轮“奥林匹克号”（Olympic）从纽约启航，首次向东航行。就在这一天，当这艘轮船通过纽约湾海峡时，飞行员汤姆·索普威思（Tom　Sopwith）试着向甲板上投递一个邮件。他驾驶飞机下降到离船身不足200英尺（约60米）的高度，然后投下包裹。结果，下落的包裹偏离甲板几英尺（1英尺约0.3米），掉进了海里。尽管这次投递以失败告终，但还是说明用飞机运送邮件是有可能的。

1912年

1月　JANUARY

航空产业

第三届国际航空博览会于1911年12月16日至1912年1月2日在巴黎举办。值得注意的是，本届的展品和上几届相比，在风格上多少有些国际化了。参展飞机除了在结构上有了大幅改动之外，还有一些让飞行员和乘客更为舒适的改进。有了德国的“出租车”（taxicab）带头，全世界的车身制造厂商很快就会被召集起来，为飞机制造像汽车那样的封闭机

身。

——斯坦利·耶尔·比奇（Stanley Yale Beach）

1912年

11月　NOVEMBER

会飞的船

不难理解，一片水域为什么可以作为理想的机场使用。飞机起飞时，飞行员不一定非要沿着固定路线滑行——不管怎样他都能迎风起飞。总之，在水上起飞、降落会更安全、更容易。这艘“会飞的船”有很多优点：浮力大，适航性不错，对飞行员也有保护作用。柯蒂斯“飞船”既能像所有同样大小的摩托艇一样在海面上开动马力飞驰或随海浪漂流，也可以像任何大小相仿的飞机一样飞向蓝天。因此，“会飞的船”结合了摩托艇和飞机的优点，它未来的发展无可限量。

——柯蒂斯

ABC　环球科学小词典

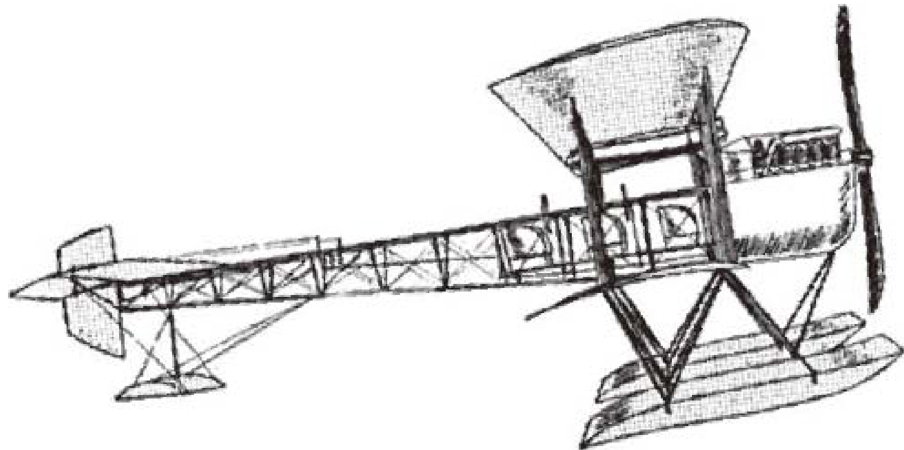
柯蒂斯：美国第一位驾驶自制水上飞机实现水面起飞并安全降落的飞行员。他既是美国航空先驱、著名的飞机设计师，也是柯蒂斯飞机与发动机公司的创始人。该公司是目前柯蒂斯-莱特公司的前身之一。

1912年

12月　DECEMBER

巴黎航空展

今年的航空展中，飞行器的数量已经跃升到77架。下图中这架由阿斯特拉公司生产的飞行器配备了特殊装置，可以在水上飞行，而且大量运用了钢结构。老式莱特折翼系统和支承装置得以保留。飞行器可坐三人，配备了100马力（约74千瓦）的12气缸雷诺引擎，看起来相当实用。



阿斯特拉双翼水上飞机，功率达100马力（约74千瓦）（1912年）。

1913年

2月 FEBRUARY

飞机的稳定性

斯特凡·杰维茨基（Stefan Drzewiecki）的单翼机（见下页图）是最新的具有自动稳定性的飞行器，它曾在上一届巴黎展览会上展出。这是一架兰利式飞机，它的主要看点在于两面机翼角度相差3度，这样就会产生复原力来抗衡机身下沉，使其龙骨保持水平。这部飞行器是依据埃菲尔空气动力实验室所做的实验设计的。



稳定的飞机设计：波兰的天才发明家杰维茨基最为人熟知的是他设计的推进器、潜水

艇以及这架有趣的飞机（1913年）。

1913年

6月 JUNE

降落伞故障

在可能致命的意外事故中，降落伞并不一定能提供绝对的保护。在英国皇家航空学会于斯塔腾岛举行的飞行大会中，阿瑟·拉帕姆（Arthur Lapham）的惊险遭遇就证明了这一点。他当时背着一只史蒂文斯伞包［以降落伞先驱里奥·史蒂文斯（Leo Stevens）的名字命名］，准备从一架莱特双翼飞机中跃出，由距离地面1英里（约1.6千米）的高空下落。然而，当飞机爬升到几百英尺（1英尺约为0.3米）的高度——有目击者说是300英尺（约91米）——拉帕姆却滑下了座位，从空中直冲下来。或许是因为下落过程太过短暂，他的降落伞没有打开。幸运的是，拉帕姆掉在了王子湾附近的湿软盐沼里，没有受伤。但他腋窝以下的部分全都陷进了泥里，必须靠别人拉他才能脱身。

1913年

9月 SEPTEMBER

最大的飞机

法国巴黎的体育杂志《航空》（*Aero*）驻圣彼得堡通讯记者日前发回电报称，圣彼得堡的一名技校学生伊戈尔·西科尔斯基（Igor Sikorsky）制造出了可能是迄今为止最大的一架飞机。这架双翼飞机的翼展为27米，据说它搭载了7名乘客，在500米的高度上飞行了90千米，用时不到2小时。飞行途中，几名机师在驾驶舱内轮流掌控飞机，而乘客则像在公寓里一样来回走动。当然，对于这部飞行器的描述在法国引起了很多质疑。

编者注：西科尔斯基在1913年制造的“俄罗斯骑士”是世界上第一架四引擎飞机，它后来在同年的一次怪异的事故中被毁。

1913年

航空事业的进步

近日，由法国航空俱乐部组织的航空大会在法国兰斯的香槟机场举行。有7家厂商参与了这次大会，它们是宝玑（Breguet）、高德隆（Caudron）、古佩（Goupey，双翼机）、德培杜辛（Deperdussin）、莫拉纳-索尼埃（Morane-Saulnier）、纽波尔（Nieuport）和波尼耶（Ponnier，单翼机）。这些厂商充分展现了目前法国航空业已达到的精湛水平。本届国际航空杯，又名戈登·贝内杯的得主是莫里斯·普雷沃（Maurice Prévost），他以每小时200.803千米（124.8英里）的速度飞完了200千米。他驾驶的是一架德培杜辛单体壳飞机，配备了一台160马力（约117千瓦）的诺姆发动机。



获奖飞行器：德培杜辛飞机，配备160马力（约117千瓦）的诺姆发动机，创造了1913年的飞行速度纪录。

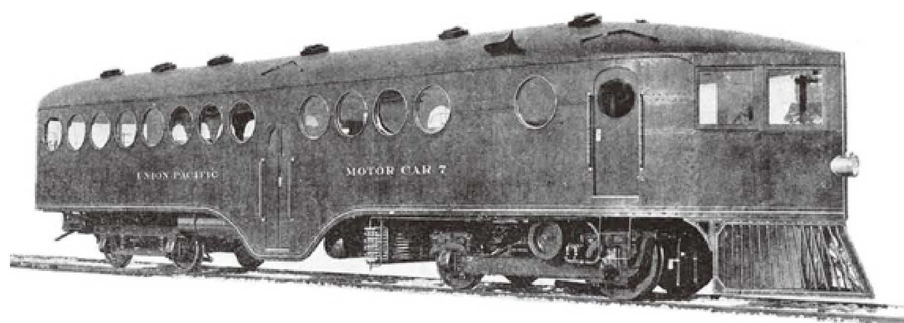
蓬勃发展的交通运输业

1906年

6月　JUNE

7号机车

为满足郊区乘客出行、铁路沿线检查需要，太平洋联合铁路公司专门制造了一种最新汽油机车（如下图所示）。7号机车由太平洋联合铁路公司位于美国内布拉斯加州奥马哈的工厂建造，目前已经顺利完成在奥马哈和格兰德艾兰之间的一系列试行检测。该机车显著的设计特征有：圆形的舷窗式车窗、前部尖、终端逐渐变细窄的刀形边缘，以及方便的侧门。该机车为6缸驱动，标准汽油发动机安装在车厢前部。



太平洋联合铁路公司制造的7号机车（1906年）

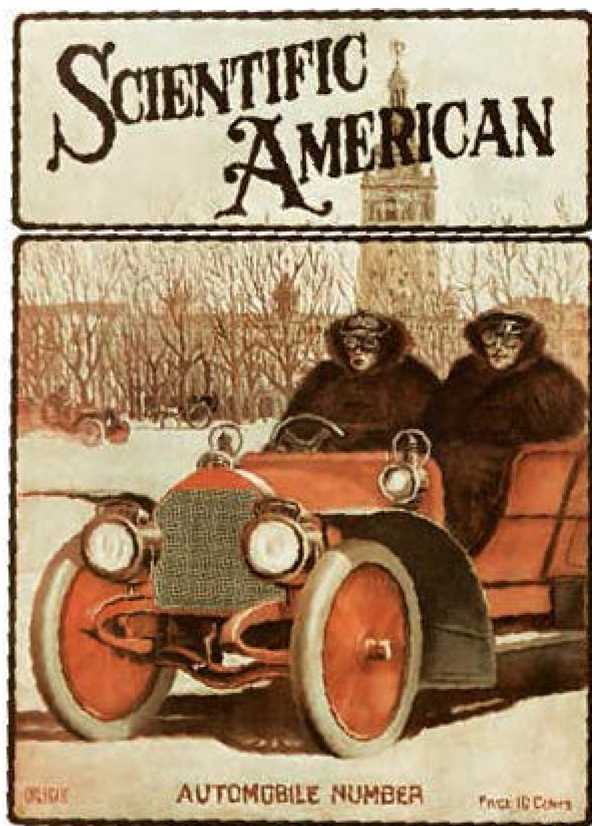
1907年

1月　JANUARY

汽车时尚

今年，汽车的外形大有改观，这主要得益于汽车轮距的大大加长。现在，某些重型车辆的轮距甚至达到了123英寸（约3.12米）。而且，6缸发动机的运用进一步增加了发动机罩的长度，使新型汽车的外观轻巧又靓丽。通过巧妙运用这些审美法则，即便是低马力和低价格的车型也

有了别致的外观，这可是早期车型所不具备的。



1907年1月的最新款汽车

1907年

8月　AUGUST

“卢西塔尼亚号”

在克莱德河进行的初步速度测试中，尽管船底覆盖着很厚一层含有化学物质的淤泥，但配置了新型涡轮的“卢西塔尼亚号”（Lusitania）仍然轻松达到了25节（约46千米／小时）的行驶速度。这艘隶属于英国丘纳德轮船公司的邮轮构造新颖，由于其体型庞大而引起了人们极大的关注。全船采用双层底结构，双层底厚度达5英尺（约1.52米）。船上共有9层乘客舱，船体被分为175个独立的水密舱。如此坚固的构造让人们对“卢西塔尼亚号”充满信心：任何普通事故都无法使它沉没。

编者注：1915年，“卢西塔尼亚号”被德国潜水艇的一发鱼雷击中，18分钟后沉没。

1908年

10月　OCTOBER

汽车盗窃

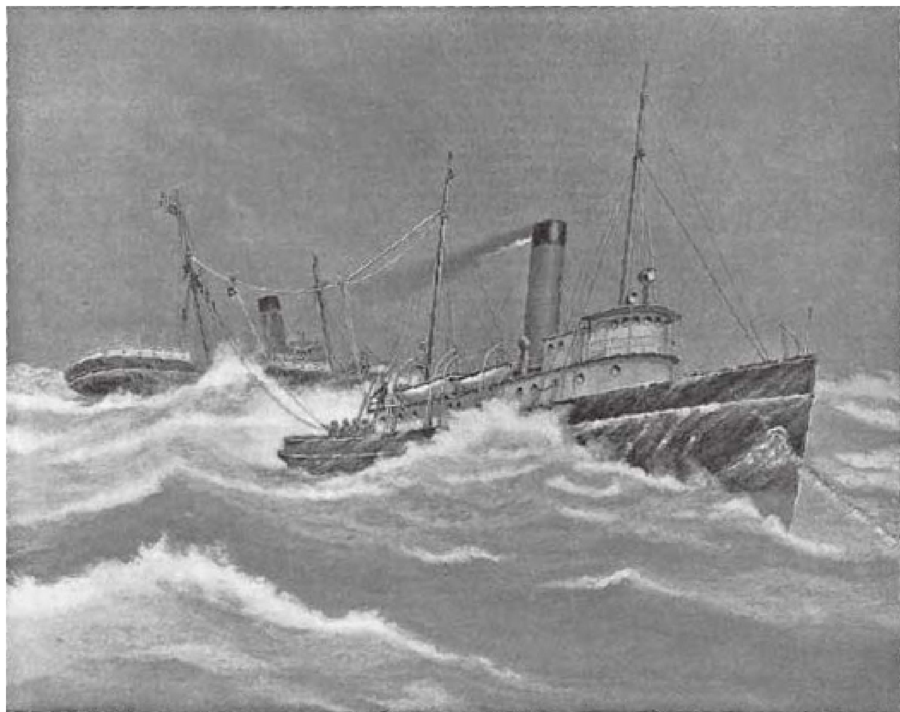
简易、防盗的新式汽车锁目前对车主极具吸引力，但奇怪的是，在某些汽车的标准配置中并不包括这类防盗装置。为了防盗，在一些城市，居民在停车后会把汽车的启动曲柄或火花塞拿走。然而，很多偷车贼都是来自工厂的“专业人士”：最近的几起盗车案中，盗窃者都自备了火花塞。

1909年

3月　MARCH

救援拖船

阿拉斯加的矿产资源被发现后，美国西北海岸，尤其是皮吉特湾的沿岸贸易迅速崛起。“巴伦西亚号”（Valencia）海难后，罗斯福总统（President　Roosevelt）任命了一个委员会调查失事详情，并负责提出救助遇困乘客的方法。新救生船“斯诺霍米什号”（Snohomish）总长152英尺（约46米），船上最新颖有趣的装置是一种特殊的海上滑索，吊在绳索上的裤形救生圈可在两船间或船与岸间滑行，图中描绘的是利用它进行救援时的情景。



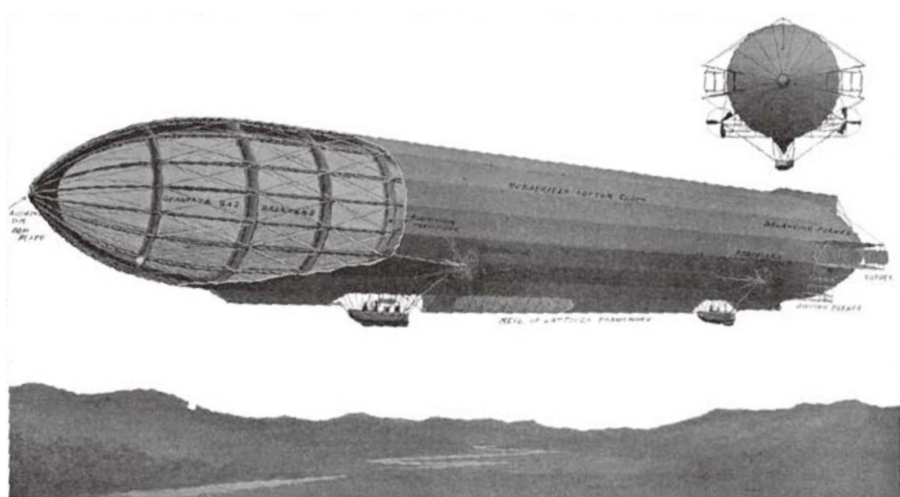
海上安全：缉私船队的新型救援拖船（1909年）

1909年

6月　JUNE

冲上云霄

下面的图片向读者很好地展示了最新的齐柏林飞艇——“齐柏林II号”（ZeppelinII，也被称为LZ5）的基本构造。这艘飞艇最近刚创造了900英里（约1,450千米）左右的飞行纪录。它的主干是一个尾端为锥形的铝制桁架，带有17个充满氢气的独立气囊。飞艇的最大起飞重量为16吨。目前，在德国的几个大城市间建立常规飞艇航线的计划已经启动。



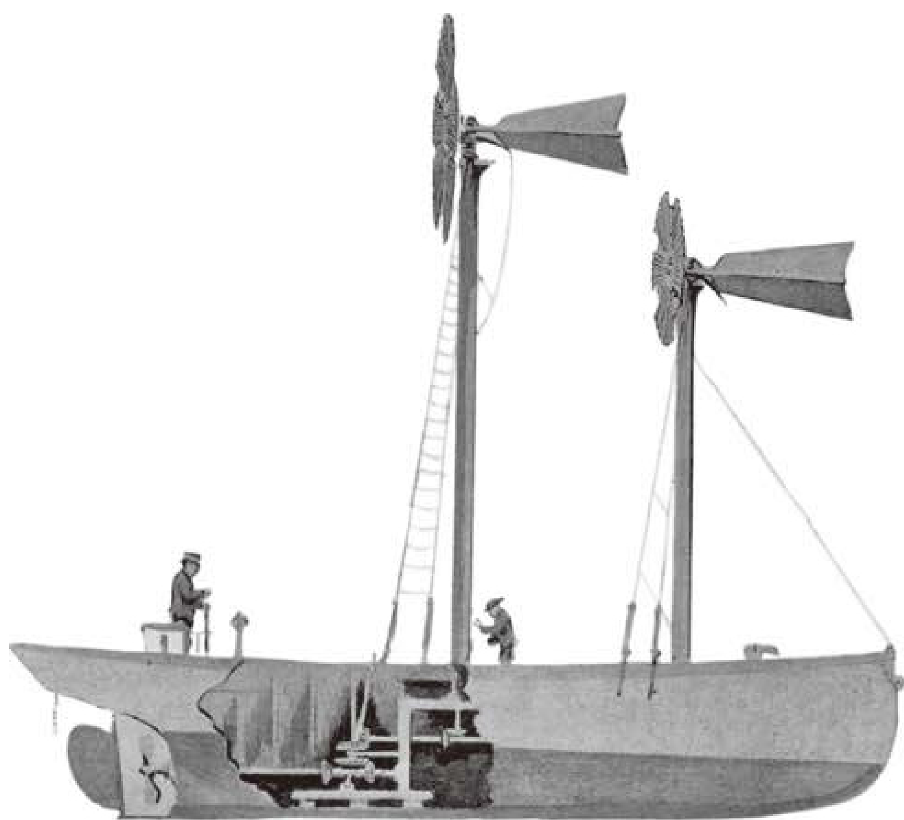
轻于空气的飞船："齐柏林II号"（1909年）

1909年

11月　NOVEMBER

风车船

由风车驱动的船可谓一种机械奇物（见下图）。但是，为什么这种用锥齿轮将推进器的轴和垂直的风车轴连接在一起的复杂结构，一定会比帆布船优越呢？我们实在想不出答案。



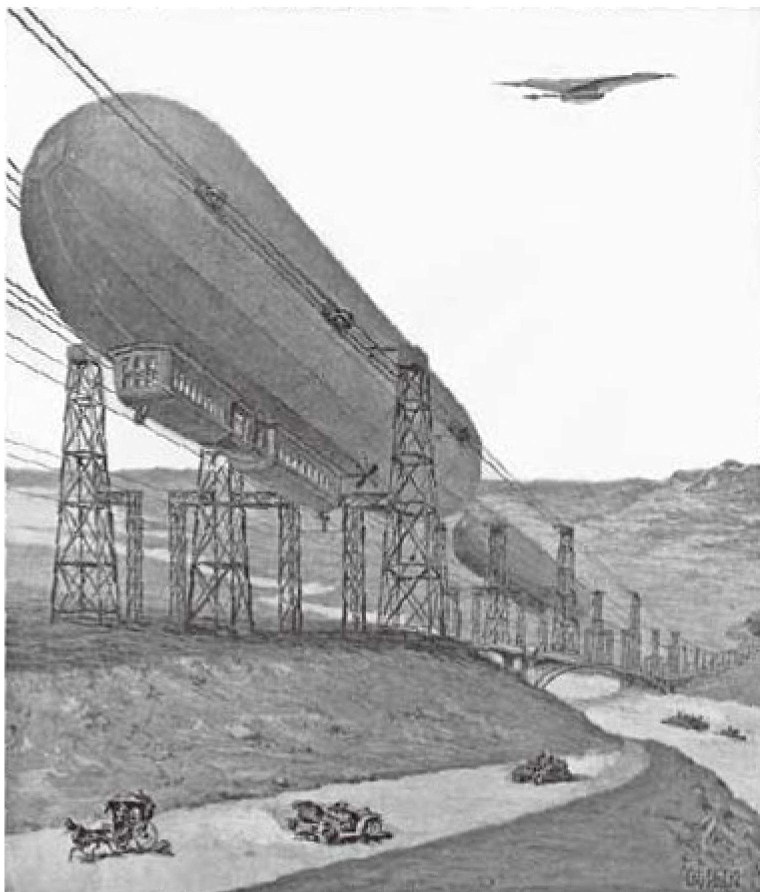
无帆帆船：一种过于复杂的设计（1909年）

1909年

12月　DECEMBER

会飞的火车

　　一名德国工程师设计了一种新颖但极不可行的交通工具。它介于飞艇与电力火车之间，依靠气球的提升力支撑旅客车厢，用电力驱动在空中线缆上运行（见下页图）。飞船严格按照齐柏林飞艇的结构制造，由电动机驱动，空中速度可达每小时125英里（约200千米）。但这个方案实施起来在工程技术上和经济上都会遭遇困难。



齐柏林铁路：铁路和飞艇技术的结合（1909年）

1910年

1月　JANUARY

海浪与船只

1月10日晚上，“海神”在绝望中开始了最后的反抗。在一片黑暗中，他抡起“巨掌”，重重拍向英国丘纳德轮船公司的邮轮“卢西塔尼亚号”，不仅将高于海面75英尺（约23米）的驾驶台和操舵室击成了碎片，还令艏楼甲板及其下方的甲板下陷了好几英寸（1英寸约为2.54厘米）。当巨浪撞击低矮的防护墙和操舵室时，每一扇结实的木质护窗都被击碎，窗框上的木条也被全部剥落。要知道，这些护窗都安装在高于海面75英尺（约23米）的地方。由此，我们倾向于赞同船长的意见：很

多船只在海上失踪，可能是因为体型较小、不够结实而被这种规模的巨浪击碎甲板后卷入了海底。

完美汽车

与往年相比，今年两个汽车年展上的汽车并没有特别的新颖之处。这足以说明，就目前所能提供的制造材料和所能达到的机械设计水平而言，汽车已趋于完美。中端人群一直在等待技术先进、质优耐用、价格低廉的汽车上市，现在他们的需求终于得到满足，汽车产业也因此变得兴盛。



一向作为运输工具使用的汽车开始走进人们的生活（1910年）。

1910年

2月　FEBRUARY

蒸汽时代

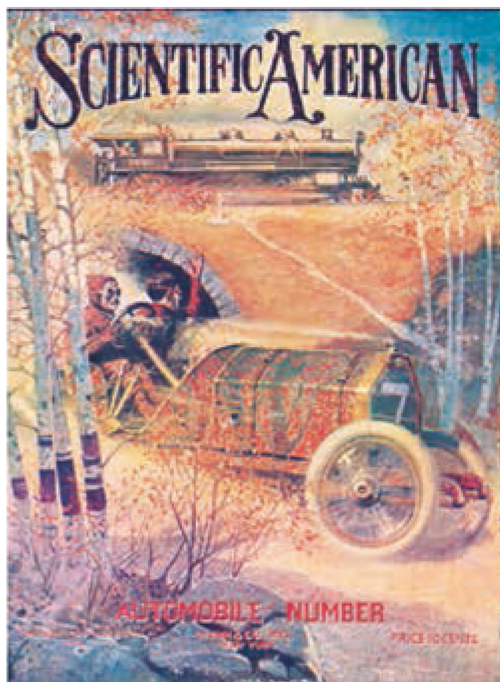
一家德国报纸近期刊登的统计数据表明，帆船的数量在迅速减少。从1888年到1908年的20年间，帆船在各国商船中所占比例直线下滑：英国由44.1%下降到12.6%；德国由62.1%下降到19.1%；美国由80.7%下降到30.9%。只有在法国，帆船在商船中的比例变化不大，从47.9%下降到了47.2%。

1911年

1月 JANUARY

爱迪生的电池

电力蓄存对于驱动汽车和其他路面交通工具无疑具有很强的实用性。正是为了满足这种需要，爱迪生蓄电池得以问世。爱迪生先生关注了两种意见：在电工看来，作为一种电力设备，电池必须能有效运行，且具有合理的使用寿命，而且他们还很肯定地认为，与好马或火车头一样，车用电池也应受到同样的关注；而汽车司机的愿望很简单，那就是能开着汽车去自己想去的地方，并且去了之后还能开回来。这种让人们期待已久的蓄电池所具有的极高的实用性再次说明，爱迪生在发明过程中充分考虑了汽车用户的意见。



汽车问题：《科学美国人》针对正在兴起的汽车产业策划了一期专刊（1911年）。

1911年

8月　AUGUST

100万个伟大创意

没有典礼，没有仪式，也没有大吹大擂，美国历史上第100万个专利于1911年8月8日周二颁出。整个颁发过程平淡无奇，与这个场合的重要性完全不相符。当专利局的计数器走到999,999时，摆在最上面的一份专利申请恰好是俄亥俄州克利夫兰市的弗兰克·霍尔顿（Frank Halton）的。决定这份意义重大专利接受者的命运之轮眷顾了他。霍尔顿申请的专利是一种经过改进的充气汽车轮胎，他将对该轮胎享有独家生产和销售权。这个专利本身就是一座象征进步的丰碑，将第100万个专利授予汽车技术上的一项改进，无疑恰到好处。

1912年

3月　MARCH

比空气还轻

约瑟夫·布鲁克先生（Mr. Joseph Brucker）计划乘坐飞艇，从佛得角群岛出发，横穿大西洋后在巴巴多斯降落。这个计划最大的特点，在于它的商业化运作模式。布鲁克的飞艇“苏哈德号”（Suchard）经过了三次改装，以达到飞艇航行领域的最先进水平。从一开始，他就只信赖完善并经过多次实验的类型。因此在制造飞艇时，他将飞艇“帕瑟瓦尔”（Parseval）作为模仿对象。

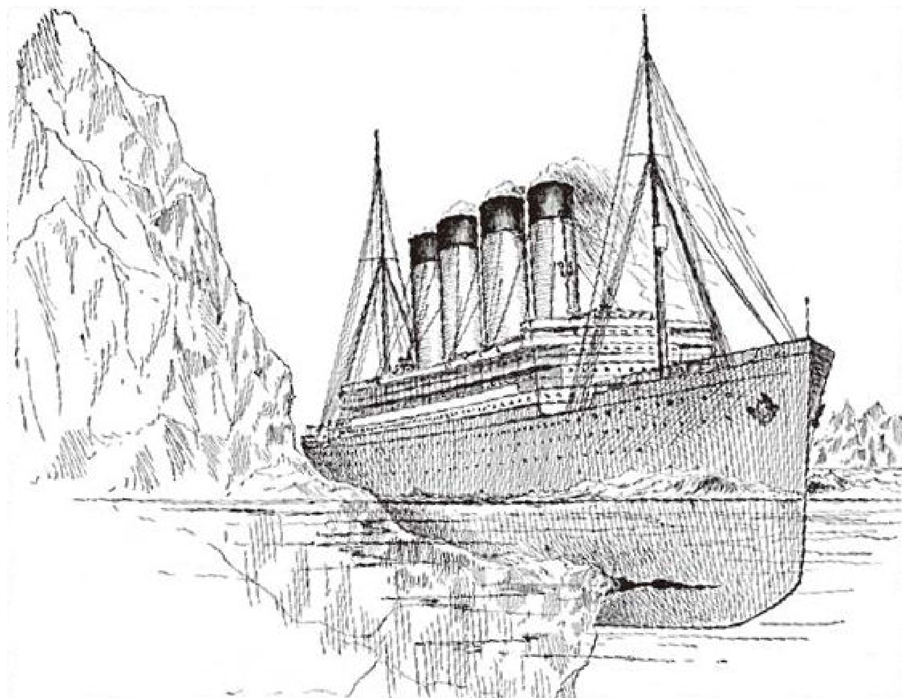
编者注：布鲁克的计划并没有实现。

1912年

4月　APRIL

痛失“泰坦尼克号”

1912年4月14日周六，夜空清朗，星光熠熠。在海上航行的最大、据说也是最安全的蒸汽船在预定航线撞上冰山，不出几个小时就沉入水下，船上1,600多名乘客葬身冰海。从技术角度看，这场巨大的灾难为我们留下了三个教训。首先，轮船建造师还无法造出绝不沉没的船只，或许永远也造不出。其次，既然所有船只都有可能沉没，那就至少应该带上足够数量的救生艇，这样一旦发生海难所有乘客都能搭乘，等到别的船只收到无线电求救信号赶到出事现场。第三，蒸汽客船的跨大西洋航线应该南移至浮冰绝迹的海域。



“泰坦尼克号”的末日：和一座冰山的侧面撞击在船壳板上划开了一道口子，贯穿数个水密舱（实际的“伤口”比图中所示的小得多）（1912年）。

1912年

6月　JUNE

液压减震器

不久前，乔治·威斯汀豪斯（George　Westinghouse）成功完成了一项“不可能完成的任务”——制造出了汽车空气弹簧。一天，有几个人从纽约州的北部地区前来拜访他，并带来了一个他们设计且经过试验的发明。这几个人坦白地说，他们发明的装置还有缺陷，并征求威斯汀豪斯的意见。威斯汀豪斯曾对用于火车刹车的压缩空气做过大量研究工作。如果有谁能够想到办法，在缸筒内密封空气来代替汽车弹簧，那一定是威斯汀豪斯。威斯汀豪斯买下发明的控制权，着手改进。他用油液来密封空气，还发明了一架小型嵌入自动泵来控制油液，使其保持正确的位置。没过几个月，他的产品就投产面市，为1912年的销售季做准备。

1912年

7月　JULY

船只撞击

“泰坦尼克号”的沉没让我们所有人感到震惊和悲痛，许多人都在这场可怕的劫难中失去了朋友和熟人。我不禁自问：“科学是否已经发展到了极限？这种生命和财产的损失令人痛心，难道就没有办法避免？已有数千艘船只在浓雾中撞上海岸后沉没，数百艘船只在和其他船只或冰山相撞后遇难，几乎每起事故造成的生命和财产损失都十分惨重。”在思索了4个小时之后，我终于想到可以让船只拥有“第六感”，这样船只在接近大型物体时就能及时侦测到它们。

——海勒姆·马克沁爵士（Sir Hiram Maxim）

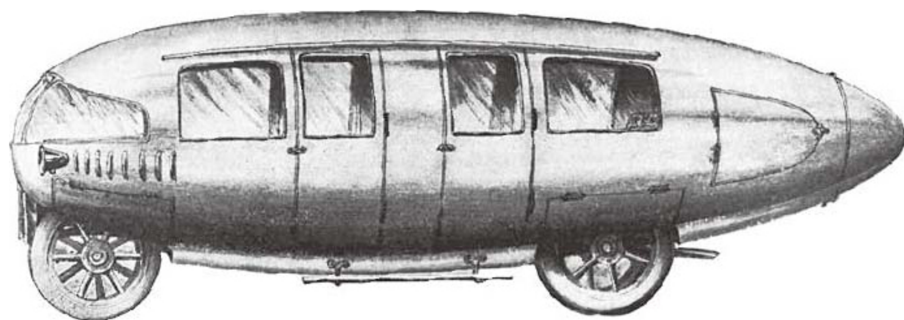
编者注：马克沁的设想最终通过声呐技术得以实现。

1913年

1月　JANUARY

关于汽车的遐想

未来的汽车将和今天的汽车在外观上有显著区别，就像1913年的豪华轿车和1896年的单马双轮马车在外观上的显著区别一样。人类的代步工具将从以前的马车逐渐发展成完全封闭、隔绝灰尘、安静舒适的“未来轿车”，而今天的豪华轿车和鱼雷式旅游车，只不过是这个发展过程中的一环。从外形看，未来的轿车更像是一艘潜水船，而不是一辆四轮马车：它的车身呈长雪茄状，把轮子之外的一切部件都包裹在内。



1913年

3月　MARCH

防盗汽车

据报道，美国华盛顿市的一位警察凭借在汽车失窃案件中的经验，发明了一种可以用在点火线路上的汽车安全锁。这种锁设计得十分巧妙，与点火线路融为一体。据悉，改进后的装置中包含一个旋转电气开关，它与一个机械锁装置相结合。只要插入的不是原配车钥匙，锁就无法开启。

1913年

9月　SEPTEMBER

火车的安全性

在最近的纽黑文铁路追尾事故中，从后方撞入的列车车头和车身将前方列车最后两节的木质卧铺车厢彻底劈成了两半，车厢残骸和无助的乘客被后方列车的车头生生挤到了左右两侧，二十多名乘客当场死亡。根据在同样严重的事故中钢质车厢的情况，可以找到大量的实际案例证明，如果这两节车厢是由钢材制成，那么车厢内的许多乘客就不会死亡，甚至大部分都有可能幸存。

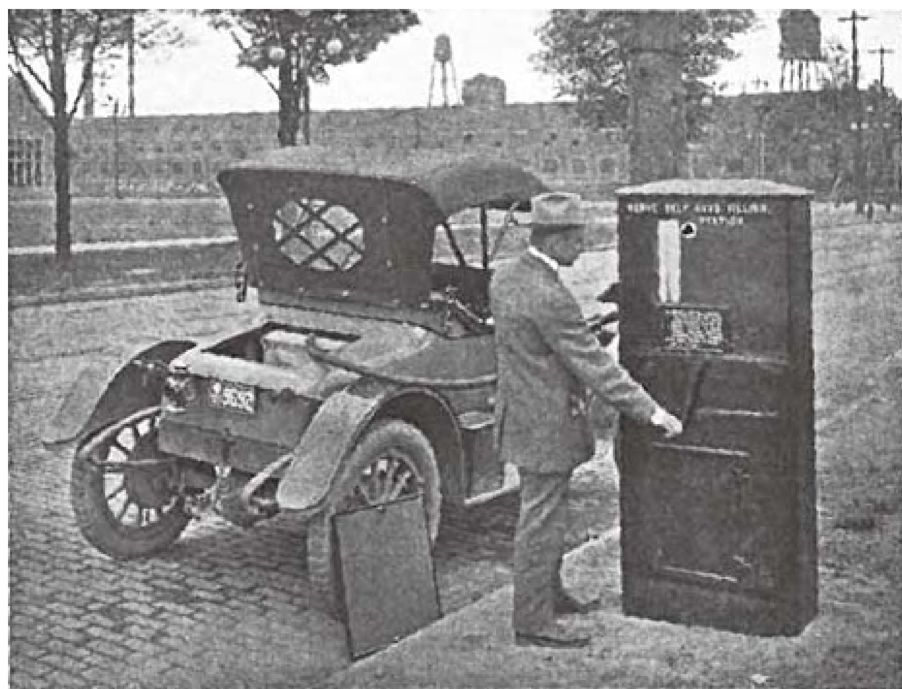
1913年

10月　OCTOBER

自助加油机

自动售货机的好处人人皆知。受此启发，美国密歇根的一家公司推出了一款面向司机的自动加油机。需要加油的司机只需往投币口投入一枚五角硬币，将加油软管的末端插入油箱后转动曲柄，机器就会自动为车辆加油。不必去管理，这台机器每周就能自动售出200加仑（约757

升）汽油。除了要向油箱中加油，这台机器无需看护，而且它全天都能“供货”，司机只要知道它的位置就能自助加油，不必大半夜叫醒加油站的工作人员帮忙了。



仅需五角硬币，不必麻烦工作人员就可加油的自助加油机（1913年）

“一战”前的社会生活

1906年

1月　JANUARY

撬盗保险箱

今天的保险箱偷盗者不再需要那些外形漂亮、精巧又强有力的工具了。那些工具曾经令保险箱制造商既赞叹又无奈。硝化甘油炸药的出现，不仅避免了繁重的体力劳动，而且再次使撬盗保险箱的技术领先于保险箱制造技术。然而，现代的盗贼通常与艺术感和整洁性不沾边。经常发生这样的事：当保险箱的门被突然炸开时，建筑物的前部也会被一起炸飞。即使是附近田地里鼾声阵阵的农夫，也会被美国国家农民银行及周边地区传来的爆炸声惊醒。

1906年

2月　FEBRUARY

快乐情人节

很少有人意识到每年2月14日赠送情人节礼物的惯例已经发展成为一个多么巨大的产业。情人节赠送礼物的主意似乎源自英国，而现在，全世界英语国家的人们都会这样做。尽管德国没有这个节日，但每年还是会向美国提供大量节日所需的卡片和小商品。最近几年，美国已经占据了情人节产业的主导地位。现在，美国不仅为自己的市场供货，还向世界各地大量出口情人节礼物。

1906年

3月　MARCH

战列舰时代

最近，“无畏号”（Dreadnought）战列舰在英国朴次茅斯下水。这是一个意义重大的事件，因为“无畏号”是一艘全新型舰艇，它把军舰制造技术带入了一个新时代。“无畏号”是迄今为止速度最快、防御能力最强、火力最猛的军舰。它在武器装备上的进步最为明显。日俄战争证实：10～12英寸（约254～305毫米）口径的炮弹拥有巨大的杀伤力，而小型火炮则在这样的远程作战方面几乎完全无效。因此6英寸（约152毫米）口径的火炮（副炮）已经被完全废除。

1906年

4月　APRIL

维苏威火山之灾

当前的这次火山喷发无疑是现代史上最为猛烈、最具毁灭性的一次。虽然熔岩流量并不惊人，但是火山砾和火山石的降落量却是前所未有的，仅这一个原因就造成了大量人员伤亡——人们因猛烈的火山爆发和昏黄的阴霾变得惊恐万分，纷纷聚拢在建筑物中，而随着降落物的渐渐堆积，很多建筑因不堪重负而倒塌。

ABC　环球科学小词典

1906年4月7日，一直沉睡的意大利维苏威火山突然爆发，那不勒斯市被大量火山灰烬覆盖，一些屋顶因不堪承受重压而坍塌，数百人伤亡。下文中提到的那不勒斯的灾难，也是指这一事件。维苏威火山位于意大利境内，是世界上最著名的火山之一。它在历史上曾多次喷发，在公元79年的爆发中曾一举摧毁了举世闻名的庞贝城。距离现在最近的一次大规模喷发发生在1944年3月，造成26人死亡。

旧金山大地震

我们尚不清楚那不勒斯的灾难最糟糕的时候是否已经过去，而毁灭性的灾难就在上周横扫了旧金山及其邻近城市，这令我们十分震惊。此次地震摧毁了美国太平洋沿岸的最大城市。地震的剧烈程度在美国史无前例，它已造成千百人死亡，财产损失达上亿美元。地震几乎完全摧毁了城市的供水系统，而此时，旧金山正遭受火灾。

ABC　环球科学小词典

旧金山地震：1906年4月18日凌晨5点12分在旧金山发生的一次地震。地震在40秒之

内将美国西部文化与经济之都旧金山夷为平地，造成6万余人死亡，直接经济损失达5亿美元。

动力旱冰鞋

因发明汽车引擎化油器而闻名的康斯坦丁尼（Constantini）近期在巴黎推出的新型动力旱冰鞋（见下图）以其新颖的设计而得到了大量关注。旱冰鞋皮带的后面固定着小型油箱。三名女运动员将穿着这种旱冰鞋进行一场比赛。比赛起点设在协和广场，终点在马约门。



在巴黎推出的动力旱冰鞋（1906年）

1906年

5月　MAY

旧金山劫后

这种悲天恸地的凄惨场面恐怕在历史上都是绝无仅有的：20万旧金

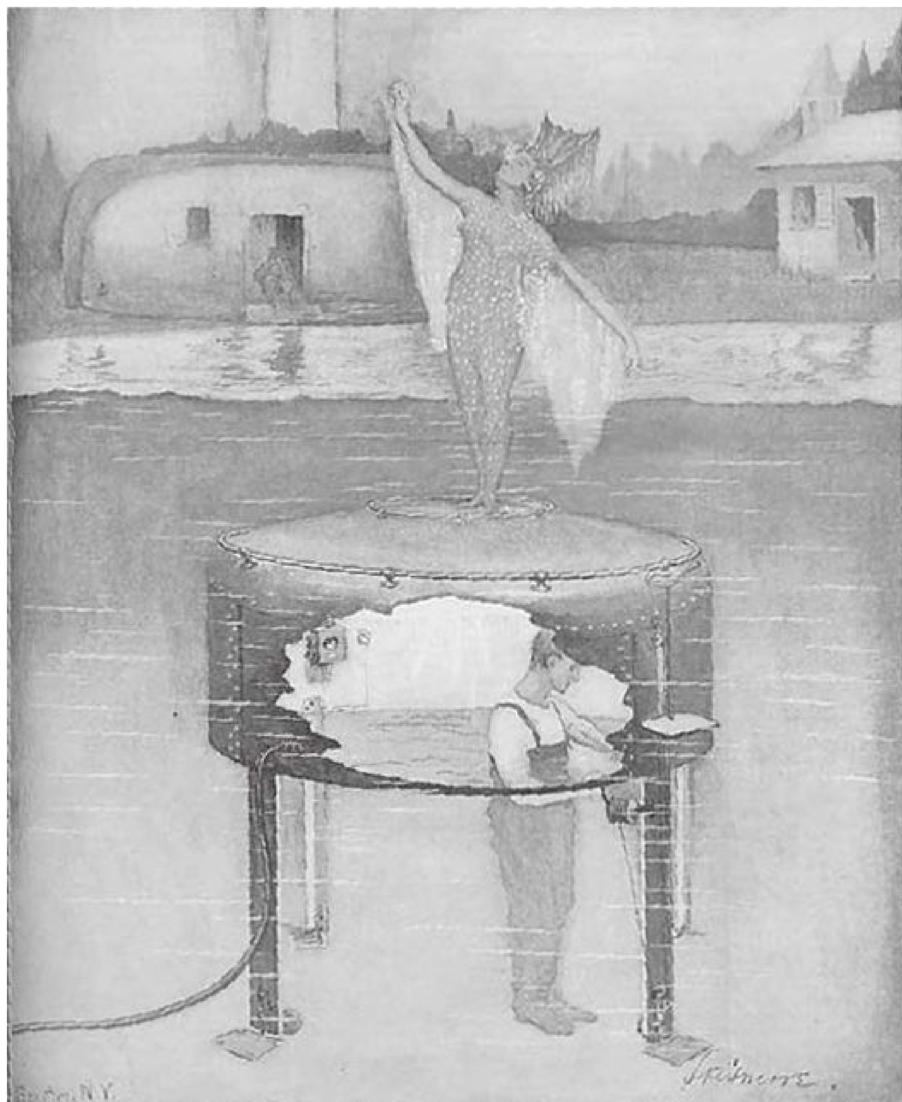
山难民衣不蔽体，无家可归，流离于郊外山上的圆形露天剧场，无助地看着这片被夷为平地的20多平方英里（约50多平方千米）的土地。这里曾经是他们自己深爱着的、美丽如画的西部之都，如今却已面目全非。现在不是用那些陈词滥调大肆进行道德宣教的时候，但我们认为，如果不提及震后来自联邦各州和各城市对灾区快速汇入的自发性捐助的话，那么对这一事件的记述将是不完整的。现在，从铁路系统到工厂、从教堂到剧院，各个行业的人都携起手来，有钱的出钱，有力的出力；各种物资和必需品正源源不断地涌入这个受到重创的城市。

1907年

4月　APRIL

水中幻象

“海的女儿”是一场富有浪漫主义风格的豪华歌剧演出，其中现在很出名的美人鱼场景，只有在纽约竞技场剧院的巨型水池中才能展现出来。美人鱼随心所欲地在水中嬉戏，时而浮出水面，时而潜入水底，很难说清这是幻觉还是特效，但这的确是真实存在的一幕。这一巧妙的表演得益于纽约市的鲍登（Bowdoin）根据钟形潜水器原理提出的创意。在竞技场剧院演出中，单人钟形潜水器得到了运用。每一台潜水器都配备了一名操作员，专门负责一部连接着气室的小型单人升降机的上升与下降。此外，这些操作员还会协助“美人鱼”在表演结束后进入气室（见下图）。“美人鱼”们还会穿上一套橡胶内衣御寒。



美人鱼技术：水上歌剧的特效（1907年）

1907年

6月　JUNE

聋人学话

近年来，人们已经开始认识到，听力丧失并不一定意味着说话能力也一并丧失。随着教育体制的更新，旧式手语字母现在已经鲜为人知，

每个孩子都在学习如何利用发声器官自然发音。在为期4～5年的初级课程中他们几乎全部在学习语言和数字。



教授聋童识数（1907年）

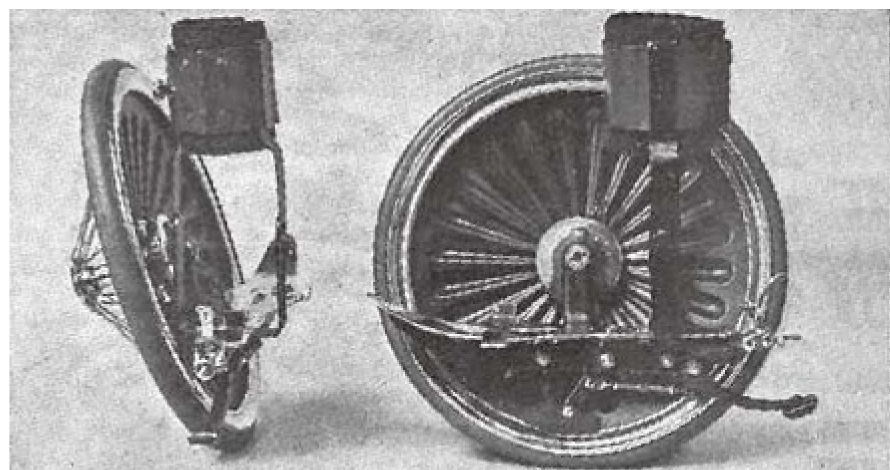
1907年

10月　OCTOBER

滚轴旱冰鞋

滚轴旱冰鞋不能在凹凸不平的道路上使用，这是因为轮子直径太小，很容易被路上的小坑卡住。针对这一问题，一位瑞士发明家设计出了如下图所示的旱冰鞋。





能在凹凸不平的路面上使用的旱冰鞋（1907年）

1908年

4月　APRIL

安全隐患

令人吃惊的是，不久前十字旋转门因为可能威胁到公众安全而引起了人们的强烈抗议。当谈及这个问题时，我们还是应该赞赏旋转门的独创性。在开关普通的合页门时，冷空气总会进入屋内，旋转门则成功地解决了这一问题。那么旋转门存在的安全隐患是什么呢？隐患就在于它的旋转隔间每次只容许一个人通过，如果发生紧急情况，很容易造成拥堵，导致人群难以在短时间内疏散。

1908年

5月　MAY

盲人杂志

毋庸置疑，负责印刷《齐格勒盲人杂志》（*Ziegler Magazine for the Blind*）的工厂，是世界上最干净的印刷厂。原因很简单：这里不会用到铅字，也见不到任何一种油墨，当然编辑室除外。该杂志是月刊，在美国和加拿大境内发行，能阅读盲文的人都可以免费领取。印刷厂的排版室有两台机器，分别为纽约点字版（New York point edition）和布莱叶点字版（American Braille edition）制版。可惜的是，这两种点字法在美国都被广泛使用。

1908年

8月　AUGUST

节约日光

提交至英国下议院的日光节约议案的确令人惊诧。这个意味着重大变革的议案，是由皇家天文学会的威廉·威利特（William Willett）提出的。他认为这个建议并不像人们想象中的那样不切实际。日光节约计划

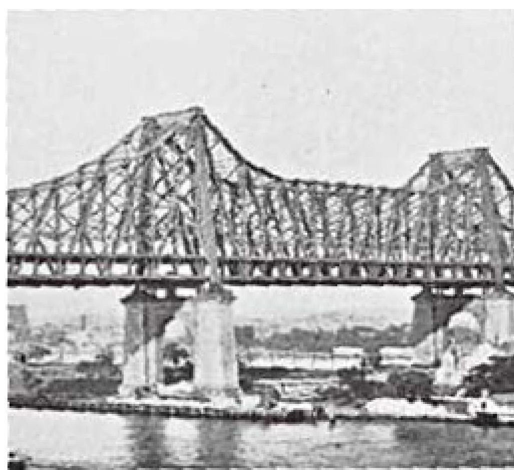
将安排在春秋季的部分时期和整个夏季实施。为了尽量将工作时间放在白天，整个国家的时钟都要向前拨。从商业角度看，这项议案将为使用煤气灯和其他人造光源的大客户节省1,500万美元；而对个人来说，这项议案最吸引人的地方在于人们白天将拥有更长的娱乐休闲时间。

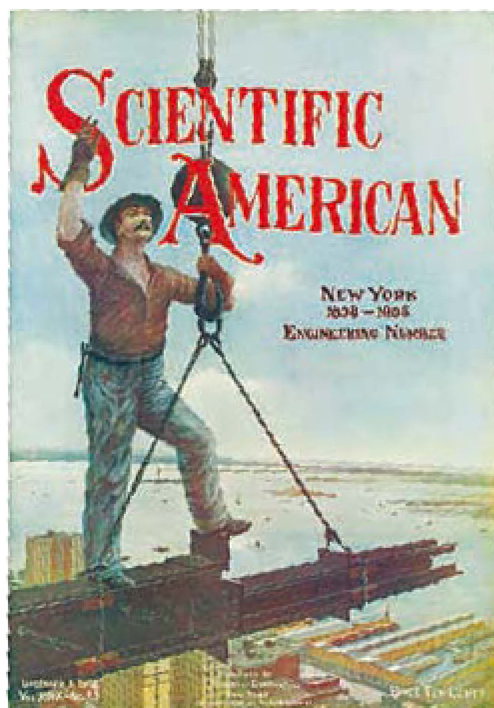
1908年

12月　DECEMBER

城市规划

被几条又宽又深的河流与大陆分离的狭长岛屿上，居住着200万人，每天还有更多的流动人口来往于大陆与岛屿之间——这使纽约的交通问题解决起来异常困难而且代价高昂。为了连通岛屿与大陆，过去10年里，美国政府和私人企业修建了至少14条隧道和3座世界上跨度最大的桥梁（见下页图）。





桥梁建设：连通海岛和居民的工程（1908年）

1909年

1月　JANUARY

枕木缺乏

由于铁路枕木供不应求的问题日趋严重，美国圣菲铁路公司派遣其木材与枕木部经理前往亚洲和欧洲考察相关情况。这位经理了解到日本政府从300年前起就开始保护森林资源。由于目光长远，今天日本已成为美国和墨西哥的枕木供应商，而美国原本充足的木材供应却因长期浪费而消耗殆尽。现在，美国进口枕木要缴纳20%的关税，这正是为目光短浅所付出的代价。

1909年

6月　JUNE

招聘作家

在美国上万家剧院和影院都开始放映电影了。随着这一崭新娱乐项目的迅速推广，公众的品味也发生了显著变化。以前，观众能看到工厂职员上下班、火车到站或离站等简单场景就感到心满意足。但今天，只有或多或少展现一些连贯的故事情节的电影才能让观众满意。因此，电影制作者不得不开始编写（或至少去构思）剧本，并在摄像机前按照剧本内容安排表演。

1909年

7月　JULY

夜场赛事

最近，在辛辛那提人们成功完成了在夜间举办棒球比赛的尝试。为了照亮棒球场，赛场周围装上了强力探照灯。辛辛那提国家棒球联盟公园就是第一场夜间棒球比赛的赛场，这个赛场四周环绕着100英尺（约30米）高的钢塔，每个塔顶都装有两个大功率碳丝灯。14盏碳丝灯照亮了赛场的每个角落。这些灯的发明者是乔治·卡希尔（George Cahill）——一个热衷于改进棒球比赛设施的人。

编者注：美国职业棒球大联盟的第一场夜间比赛于1935年5月24日在辛辛那提举办。

1909年

9月　SEPTEMBER

人口普查

每十年一次的美国人口数量统计是美国政府最大的工程之一。为了方便计数，美国人口普查局的机械专家詹姆斯·鲍尔斯先生（Mr. James Powers）发明了数据统计仪，以用于美国第十三次人口普查。该仪器在最近的古巴人口普查中进行了试用，结果非常成功，目前美国人口统计部门也开始使用。通过机械方式完成普查的统计工作需要用到两种仪器，而该计数系统的核心是穿孔卡片，上面载有人口调查员从全国每个角落挨家挨户收集到的数据。这些数据能反映美国各行业的性质、发展

程度及财富总额。

1909年

12月　DECEMBER

灯泡骗局

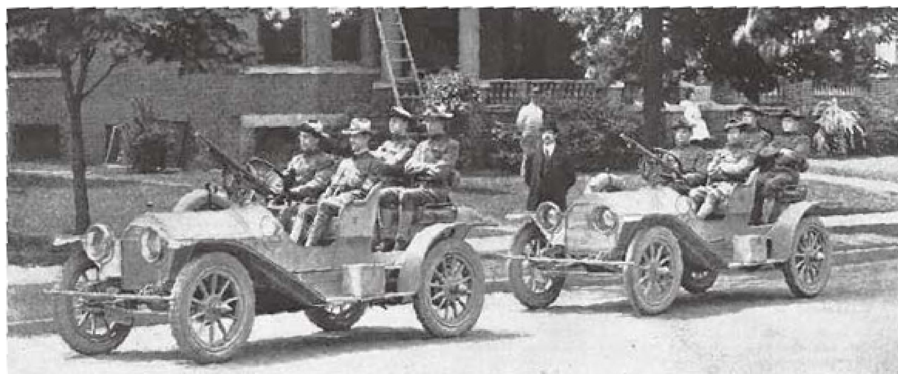
近来，英国科技期刊一直在提醒准备购买白炽灯的消费者谨防受骗。骗子们声称会给消费者安装金属灯丝灯泡，但实际安装的却是只能短暂使用的碳丝灯泡。这些灯泡刚装上的时候会发出耀眼的灯光，电流表测试还表明，灯泡的耗电量少，非常经济实惠。但过不了多久，灯泡就会变暗，亮度下降，很快就会完全报废。由于骗子们使用的是磨砂灯泡，消费者根本无法看出里面是否真的有金属灯丝。

1910年

7月　JULY

空中威胁

随着飞行技术的迅速发展，如何对抗未来战争中飞行器将发挥的作用，已成为军方必须着重考虑的问题。1910年春天，美国西北军校购买了两辆1909年产的凯迪拉克30型汽车。这两辆拥有常规底盘的汽车可装载4名军校学员，发动机上方装有一台科尔特自动速射枪（参见下图）。枪的口径为0.3英寸（约7.62毫米），1分钟可以自动射击480次，射程达2,000码（约1,829米）。试验结果明确显示，迅猛的火力足以使这种军用汽车成为对抗飞艇和飞机的有力武器。



军用汽车：对抗早期空中威胁的武器（1910年）

1911年

4月　APRIL

格林尼治时间

1911年2月10日，法国参议院通过了一项议案，使格林尼治时间在法国合法化。法律一旦生效，法国时间将比现在慢9分21秒。为了避免因更改航海图和航行指南而产生的费用，这项法律将不适用于法国海军或者海上商用船舰，而且天文年历也不太可能据此做出修改。目前法国的铁路标准时间比巴黎时间晚5分钟，火车站内的钟表也是据此进行校准的，而火车站外的时间则是以巴黎时间为准。这个容易让人混淆的计时体系将被废除，火车站内外的钟表都将以格林尼治时间为准，火车也会依据此时间运行。

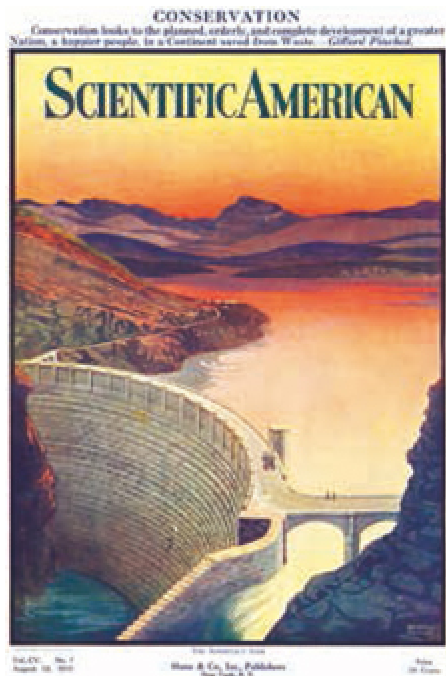
1911年

8月　AUGUST

水流和电力

位于美国亚利桑那州南部的罗斯福大坝（见下页图）日前完工。大坝由超过35万立方码（约27万立方米）的石料堆砌而成，并由此形成了目前世界上最大的人工水库。在大坝建造过程中，光是公路一项就大约花费了30万美元。新公路保障了该地区的通行，同时也替代了已经淹没

在人工湖底的旧公路。



为了实现储水、蓄洪和发电而建造的西奥多·罗斯福大坝（1911年）。

1911年

10月 OCTOBER

冰雹的代价

由于没有切实可行的办法来避免冰雹带来的毁灭性后果，农民们不得不指望保险公司，以减轻个人因灾害而遭受的损失。虽然迄今为止，冰雹险已经实行了上百年，但它的数据来源却远谈不上可靠。对于冰雹灾害在时间和空间上的分布以及它所造成的损失，相关统计数据应该有计划地逐年收集，但实际上几乎没有一个国家做到。为了改进冰雹险的管理，使其惠及世界各国，位于罗马的国际农业研究所在过去一年里已经采取了初步行动。

空战

鉴于飞行技术在陆战和海战领域的迅速发展，我们必须极为严肃地

思考沿海及运河防御问题。过去，美国总喜欢吹嘘自己在地理上相对隔绝的绝佳位置，吹嘘那些守卫港口的铁甲怪物。但请设想一下：10年之后，假如每艘战列舰上都装备了飞行器，而来袭舰队已经行驶到了距纽约50英里（约80千米）外的海面。在这种情况下，他们需要先突破要塞，再摧毁都市吗？完全不必。他们只要派遣一个飞机编队就够了。通过无线电接受指挥官的命令，飞机编队一小时内就能出现在城市上空。然后用不了多久，城市里就会腾起团团烈焰。难以置信？或许是吧。



作为陆战和海战武器的飞机（1911年）

1911年

11月　NOVEMBER

有火柴吗？

据估算，在全世界的文明国家里，每一分钟被划掉的火柴数量达300万根。虽然这些顶部覆盖硫磺的小小木棍看着不怎么起眼，但只要

随便找一个吸烟者，让他想象一下，在没有火柴的年代，要用打火匣弄出一点火星有多么困难，他立刻就会明白火柴制造业的重要意义。

爱迪生论城市照明

我注意到，欧洲几个发达城市的照明还不能和纽约相比。柏林和巴黎的照明都很好，而柏林的路灯数量正在持续增加，用不了多久就会远超巴黎。而且，柏林的夜生活发展也很快。我们会发现在那些用价格低廉的水力供电的欧洲城市，夜生活日益丰富，而且人们的夜生活和工业活动之间似乎也有关联。在那些电费低廉、照明充足的城市，人们都睡得比较晚，这似乎有助于缓解这些城市居民一向沉闷的生活状态。

——托马斯·爱迪生

1912年

2月　FEBRUARY

维克斯机枪

不久前，维克斯公司对目前常用的轻型全自动步枪口径的机枪做了改进，在它的基础上推出了一款新型武器。新产品一经问世，就以其更为强大的机动性和精妙的三脚架吸引了世人的目光。新武器在重量上也有显著下降，和重69磅（约31.3千克）的旧型号相比，新型号仅重36磅（约16.3千克）。重量的减轻是由于新机枪的各个部件都采用优质钢材，取代了炮铜。

编者注：在两年后打响的第一次世界大战中，这种新型水冷式机枪得到了广泛应用。

1912年

4月　APRIL

血液兴奋剂

埃德温·雷·兰克斯特爵士（Sir Edwin Ray Lankester）已询问瑞典当局，是否会在本届由瑞典主办的奥林匹克运动会期间，允许马拉松选手携带氧气罐或氧气包参赛，并在那段超过26英里（约42千米）的痛苦难耐的比赛途中，时不时地吸上两口。“氧气并非药物，而是像水一样的天

然补给，选手在中途补充氧气，就像饮用水和饮料一样自然，因为这个而将其禁赛，在道理上似乎说不过去。”身为声名显赫的科学家，埃德温爵士的这个提议极其不科学，并且也严重违反了运动精神。

1912年

5月　MAY

蒙台梭利方法

我们还不清楚玛丽亚·蒙台梭利博士（Dr.　Maria　Montessori）的教育方法如此受大众欢迎的原因。到底是因为我们对自己的教育方法效果非常不满意，才对每一种新方法兴致盎然，还是因为我们拥有了过去教育改革领域的先辈们所没有的宣传手段？不管是什么原因，蒙台梭利博士都理应得到大家的关注。她是一位受过科学训练的女性，对人类充满爱心，有崇高的教育理想，还花了好多年创立了一套她认为对3～6岁幼童合理有效的教学法。她借鉴了许多在残障儿童教育中行之有效的方法，并应用到正常儿童身上，成效显著。

“替罪羊”职业

现在，社会上出现了一批寻求稀奇古怪的生财之道的人。他们人数众多，男女都不少。其中有一些人是充当“替罪羊”；他们在一天之内数次“受雇”于一家百货商店，又数次遭到“解雇”。每当有牢骚满腹或傲慢自大的顾客投诉营业员服务不周，假扮成部门主管的“替罪羊”就被招进上司的办公室问责。她在愤怒的客人面前挨一顿批评，然后被勒令“走人”，投诉者见状也就满意地离开了。

1912年

7月　JULY

水下魔术

说到著名的杂耍艺人，不得不提的是哈里·霍迪尼先生（Mr.　Harry Houdini）。他善于在表演中运用手铐、束缚衣和其他控制精神病人和狂暴分子的工具，这种技艺令他声名远扬。1912年7月7日，周日，霍迪

尼先生邀请了一批新闻界人士和魔术爱好者到纽约湾观赏他惊人的箱子魔术。他先是被装进箱子，然后被连人带箱扔进水里。1分10秒之后，霍迪尼从水中钻出，游向事先准备好的救生船。现场围观者有数千人，挤满了三条渡轮的甲板。

1912年

8月 AUGUST

撒哈拉海

不久前，杰出科学家埃切瓜扬（Etchegoyen）的一个大胆建议在巴黎引起了轰动。埃切瓜扬宣称，法国应及早行动，将巨大的撒哈拉沙漠改造成一片内陆海。他表示："既然撒哈拉沙漠约有1/4的区域位于海平面以下，那么在非洲北部海岸挖掘一条长度50英里（约80千米）左右的运河，就能立刻形成一片撒哈拉海，大小大概可以达到地中海的一半。"这个计划一旦成功，目前在饥饿边缘苦苦挣扎的数百万人民，从此就能过上舒适的生活。除此之外，法国还将获得一块巨大的新殖民地。

1912年

9月 SEPTEMBER

战场医疗

今年，巴黎军事政府的卫生部门一年一度的军演格外吸引人。这次演习的内容是建立汽车救援队伍，另外还要进行一项奇特的实验——训练军犬寻找伤员。演习中登场的新设备中，最引人注目的要数移动手术室了。有了它，外科手术就可以在战斗前线进行，手术条件和后方医院一样完善。在现代战争中十分常见的严重腹部伤，眼下还无法在常规的战地医院中得当地通过手术施治，而对许多伤员来说，转移就等于是判了死刑。

水泥巨人

迄今为止，已经有大量文章用优美的辞藻描写了洛拉多·塔夫脱先生（Mr. Lorado Taft）的美洲印第安人塑像（见下图）。由于这些文章的

作者参与了这尊塑像的建造，因此人们提出，让作者用简单的术语来解释建造方法。这尊于1911年7月1日落成于伊利诺伊州的俄勒冈市的塑像，就作者所知，是第一尊水泥铸成的英雄塑像。自从包裹在外的石膏巨模于今年早春被去除之后，它就一直是公众观赏和评论的对象。

——约翰·普拉宗（John Prasuhn）



图中所示为一尊大型美洲印第安人水泥塑像的黏土模型，该塑像高48英尺（约15米），位于伊利诺伊州北部。该图为雕塑家的助手于1912年撰写的一篇文章的配图。

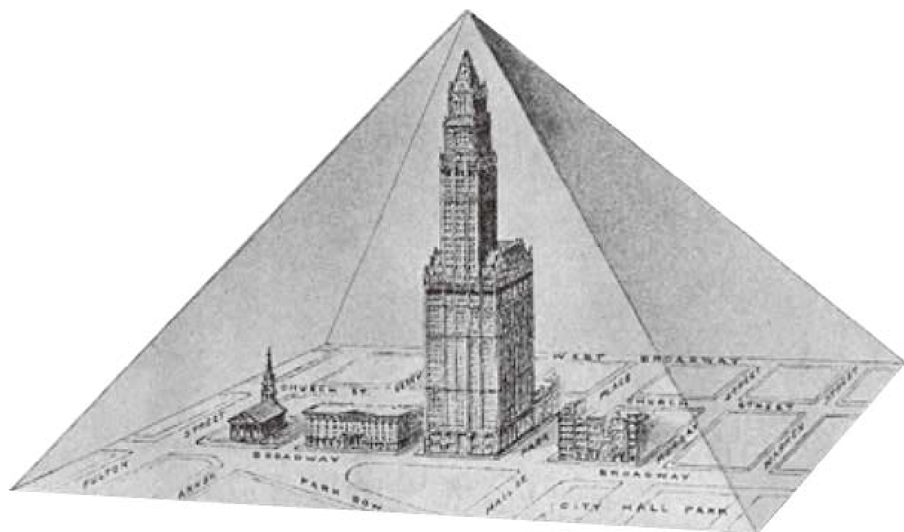
1912年

11月 NOVEMBER

巴拿马运河

征服巴拿马地峡是依靠和平力量取得的壮举，其成就之高、难度之大可与曾经靠战争取得的所有成果、克服的所有困难相媲美，我们这样说夸张吗？巴拿马运河将会提前一年竣工的事实说明，这个世界上最伟大工程的建设过程非常顺利。

编者注：巴拿马运河是在此文刊登近两年后开通的，时间是1914年8月15日。



在巴拿马运河完工的两年前，仅仅从库莱布拉水道（巴拿马运河的主要挖掘点），就挖出了2,000万立方码（约1,529万立方米）的泥土和石块，足够修建一座比伍尔沃斯大厦（高约242米）还高的金字塔了（1912年）。

1912年

12月 DECEMBER

纽约中央车站

在全世界各大车站中，还没有哪座车站像这座一样，结构和功能结合得如此完美。纽约中央车站的外观给人以庄重优美之感。它为庞大的铁路系统打开了一扇通向这个国家最伟大城市中心的贸易大门。面向四十二街的车站大楼以雄伟的雕像冠顶，是一个了不起的建筑成就。

1913年

5月　MAY

治理沼泽

欧洲大部分地区都多多少少遭受过一场巨大的“烟祸”，但现在，随着历史悠久的沼泽焚烧活动在德国日渐衰落，这片烟雾也在迅速消散。高沼地的土壤由泥炭构成，是由苔藓和其他植物部分腐烂之后形成的。在自然状态下，高沼地既不适合农耕，也不适合放牧。今天，人们通过彻底抽水、翻弄、混合底土等方法来永久地改造沼泽。相比之下，从前的焚烧过程是对土地莫大的浪费。除了人烟稀少的边远地区，这种方法在大多数地方都已不再使用了。

1913年

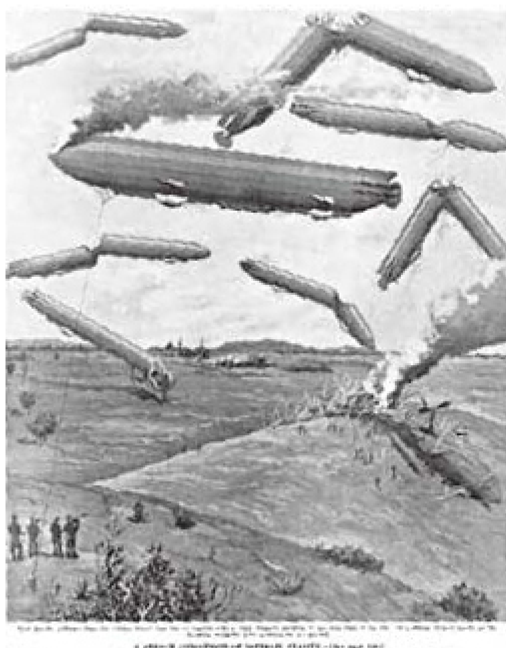
7月　JULY

大战前夕

德国已经在不同种类的飞艇研发上投入了最多的时间、财力和科研力量；法国则致力于研发不同种类的军用飞机。在飞行器以及受训飞行员素质方面的相关对比显示出，法国要远远领先于德国；对比结果同样表明，法国的飞行器看上去比德国的更显纤弱，而在结构设计上要优于笨重的后者。不难看出，战争一旦打响，德国飞艇与法国飞机之间将展开一场较量——就像战列舰与鱼雷艇之间的对决一样。



用于侦察的军用飞艇（1913年）



空中战争：齐柏林飞艇令法国人恐惧（1913年）。实际上飞艇体积庞大，移动缓慢，船体易燃，非常容易受损。

1913年

8月　AUGUST

从敌对到战争

最近一期的法国《自然》（*La Nature*）杂志刊登文章，对法德两国的空中实力对比做了审慎的估计。法国和德国一直是所谓“制空权”的竞争对手，因此，我们的读者无疑会对这篇法国时文的摘要产生兴趣。如果说这支法国空中舰队的真实状况还在保密之中，那么法军的作战计划就更不为外人所知了。法军的劣势明显，但法国为消除劣势所做的努力也同样显而易见。

译者注：法国《自然》杂志是1873年创刊的法国科普杂志，几经更名，于1972年与另一个法国科普杂志合并。

1913年

12月　DECEMBER

引水入城

新建的洛杉矶引水渠每天从内华达山脉，经过234英里（约376千米）的距离，向洛杉矶输送2.65亿加仑（约10亿升）的淡水。这座新建的引水渠于11月5日举行落成仪式并开放使用。我们在本周刊物的头条位置上登出了一张开闸放水时的照片。水流从距离洛杉矶市区西北25英里（约40千米）处的圣苏珊娜山脉中穿过，在隧道的出口下方形成了一道瀑布。设计这道瀑布一方面是为了美观，另一方面也是为了在空气流动中净化水质。



为洛杉矶引水：新建的引水渠首次开闸（1913年）。

医疗卫生保障健康

1906年

6月　JUNE

纯净食品议程

近期对西部食品加工厂卫生问题的披露，引起了美国总统罗斯福的关注，目前美国政府正在试图通过建立专门的检验制度来控制和解决此问题。作为政府年初农业预算案补充的贝弗里奇修正案建议，对供人食用的不合格产品的加工流程进行全面卫生检验。然而，人们并没有意识到这一提案仅涵盖了食品中的很小一部分。对牛、羊、猪（以罐装肉、加工肉制品和猪油为主）等肉类食品进行检验的法案内容，也应该适用于家禽、野禽、鱼类和蛋类等其他食品。

编者注：这一法案的提出受到了厄普顿·辛克莱1906年发表的作品《屠场》的重要影响。

1907年

6月　JUNE

袋装牛奶

牛奶是最容易被污染的食物，将它们装在反复使用的瓶子中供应给顾客是极其错误的做法。解决办法就是彻底放弃这种做法，改用一次性纸质包装。这种包装的牛奶现在已开始上市。最早出现在货架上的是一种造型简单的圆柱形纸瓶，这种纸瓶是在干净卫生的加工环境中，由新型云杉木纸制成的。安好瓶底以后，纸瓶会被放到热石蜡中浸泡。这种石蜡正是主妇们在为果冻保鲜时用来隔绝空气、湿气和灰尘的那种石蜡。

1907年

9月　SEPTEMBER

暴饮暴食

在一个世纪以前的“酒鬼时代”，人们的饮食习惯是“豪饮”；而今，美国人的饮食特征是“狂吃”，尤其是狂吃肉类。这可以看作经济繁荣的产物。对此，奇滕登教授（Prof. Chittenden）和他的同事在耶鲁大学通过6年细致全面的实验，进行了一项极其重要的科学研究。他得出的结论是，这样的饮食标准实在太高了，只有将蛋白质摄入量至少降低一半，人们才会更健康，更有可能长寿，做事也会更有效率。

1908年

4月　APRIL

疗养温泉

因为奥地利国有企业开发铀产品的关系，人们在波希米亚的约阿希姆斯塔尔（Joachimsthal）地区建立了一个实验室。该实验室用于提取铀矿物尾料和副产品中的放射性物质。此外，那里还将建成一家疗养温泉浴场，而达到理疗功效的，正是具有放射性的矿坑水。

1909年

6月　JUNE

蜗牛法

经过仔细调查，法国农业部长确立了“蜗牛的法律地位”，认定蜗牛是对蔬菜有害的动物，因此不分时间和季节地捕捉和消灭它们都是合法的。这一决定使很多靠收集贩卖蜗牛为生的人感到恐慌。法国美食家对蜗牛向来情有独钟。在巴黎，这种软体动物的消费量尤为巨大——仅在1900年冬天，巴黎人就吃掉了800多吨的蜗牛。

1909年

7月　JULY

消化

我们准备了一幅版画，用来演示各类食物的易消化程度。画面上显示，烤苹果和鸡蛋最接近终点，鱼紧跟鸡蛋之后，再后面就是鹿肉。这几种食品都可在1个小时内被消化掉。为这场消化的赛程完美收尾的是猪肉和小牛肉，即便在最适宜的条件下，我们的消化系统也需要5个小时才能把它们分解掉。不过，还有比赛超时的食物——果酱、螃蟹和各种酒精类饮料都需要6个小时以上的时间才能被完全消化。



食物在人体中赛跑的漫画（1909年）

1909年

11月　NOVEMBER

钩虫

约翰·戴维森·洛克菲勒（John Davison Rockefeller）捐助的100万美元将对根除“钩虫”大有帮助。1903年，洛克菲勒委员会的查尔斯·沃德尔·斯泰尔斯博士（Dr. Charles Wardell Stiles）确定了这种虫子的类别。土壤污染被认为是钩虫生存和传播的主要原因。只要使用麝香草酚和泻盐治疗，就可从人体中清除钩虫，大多数病人可在几天内康复。钩虫疾病的主要症状是显著的贫血，同时还会伴有消瘦和极度体虚。该病的其他症状包括无精打采、精神萎靡和反应迟钝。这种疾病的学名为“钩虫病”，其致病原因直到19世纪中期才为人所知。

冰交易

目前，法国所用的冰有3/4都是人造的。15年前，法国仍然需要从

挪威购买大量冰块，经法国城市迪耶普运至巴黎。这种交易现已停止，只有法国沿海城市还在使用挪威的冰。法国每年为制冷而耗用的冰达20万吨，其中15万吨是人造冰。天然冰不够卫生，因为大多数微生物都能在－60℉～－170℉（约－50℃～－110℃）的温度下存活。在巴黎健康委员会的呼吁下，塞纳省颁布了相关条例，天然冰被限制在工业领域使用，并规定只有用无菌水或城市水管里的水制造的人造冰才能被食用。

1910年

3月　MARCH

体温监测

对于医生而言，病人血液的温度变化是至关重要的信息。目前的监测方法是，间隔特定时间（比如每天3～4次）用灵敏的温度计测量一次病人体温。很明显，这种方法不能反映病人在测量间隔期内的体温变化，而这些信息有时非常有用。最近，德国柏林的一家仪器公司改进了一种装置，通过它可以持续地自动记录病人的体温。



体温：持续的电子监控（1910年）

1910年

4月　APRIL

消毒难题

德国波茨坦铁路工厂面临一个大难题：如何给列车消毒。从俄罗斯返回的列车车厢似乎聚集着大量害虫，即使经过彻底清洗，车厢壁和挂帘上仍可能藏有活着的病菌。不过，这个难题似乎已被成功解决：消毒装置为长约72英尺（约22米）的圆柱形铁泵。即便在最寒冷的天气，蒸汽管道仍可将铁泵加热到140°F（约60℃）。随后，铁泵就会喷出用于消毒的蒸汽。由蒸汽带来的全部水分都会蒸发掉，车上部件也不会因为过热而受损。

1910年

6月　JUNE

治疗

研究发现，几乎所有矿泉水都有放射性。通过对放射功效的探查，人们很自然地想到，可以通过人为控制泉水的放射性的方法使非活性泉水具有疗效，或者使天然泉水的功效增强。在德国克罗伊茨纳赫市，盐政管理委员会已经开始大规模地在泉水中添加不同剂量的放射性物质。利用天然泉水中的放射性物质人为处理过的饮用水与洗浴用水，已经在该市生产和销售。现在要对“镭水疗法”（radium-water cure）做出明确评价还为时尚早，但它无疑是现代医疗技术的一个有益补充。

1910年

9月　SEPTEMBER

饮水喷泉

一种干净卫生、适用于学校和其他公共场所的饮水喷泉现已问世。如下图所示，一组可以弯曲成任意装饰造型的水管将饮用水喷向一个聚集点。在这个点上，饮用水受到多股喷流的挤压，会产生一股向上的喷泉状水流。水流能够射到一定高度，使饮水者可直接用嘴饮用，而没用过的水就会流回到喷泉底部。



饮水喷泉：至少它是卫生的（1910年）。

1911年

2月　FEBRUARY

老鼠和人类

1905年，瘟疫调查委员会奉命调查印度瘟疫，并很快注意到了鼠疫与人类瘟疫之间的关系。经过充分调查人们发现，黑死病的每一次暴发都与鼠疫有着千丝万缕的联系——老鼠中鼠疫的流行，一般发生在人类瘟疫暴发前的10～14天。在印度孟买，老鼠数量极为庞大。褐鼠（褐色或灰色的老鼠）集聚在城市下水道、水沟和公共厕所里，无数黑鼠（黑色的老鼠）则定居在人们的家中——几乎可以把它们看成是“家畜”了。

1911年

5月　MAY

苦涩的消息

作为一种经济实惠的增甜剂，糖精已用于三十多种食物，现在这种化学物质将被禁用。罐装的玉米、豌豆和西红柿，以及菝契汽水、淇淋苏打水等软饮料，还有香槟酒和烈性酒，都在使用糖精来增甜。但在7月1日之后，使用糖精将被视为违法行为。美国农业部首席化学家威利博士（Dr.　Wiley）称，这种很有效的糖类替代物会削弱人们的消化能力，应该只能通过医生的处方获取。

1911年

6月　JUNE

优生学

自从弗朗西斯·高尔顿爵士（Sir Francis Galton）为我们带来了优生学——说得直白点，就是“优化生育”的学问，人类学家、各家精神病院和医院的负责人，以及全世界的犯罪学家就一直在收集数据。这些数据表明，容许罪犯、精神病患者和身体不健全者结婚不仅危险，而且会对全人类造成影响。在这类宣传教育工作中会不可避免地遇到偏见。幸运的是，各国优生协会已经做了大量工作，以消除这种普遍存在的偏见，并为今后的立法奠定了基础。

1911年

7月　JULY

癌症的根源

人类首次对癌症进行实验研究距今还不到十年。因此，在正确、清楚地认识癌症的这条道路上，我们现在才算刚刚启程。虽然现代实验研究还未能揭示癌症的病因，但它已表明，癌症问题和细胞生长问题有密

切关联，这为未来的研究指明了方向。至于癌症是否由微生物引起，或是我们是否应从细胞本身的性质和功能中去寻找癌症根源，眼下尚无定论。

猫肉充数？

在法国巴黎，蜗牛正在热销，但在这些蜗牛身上只有壳是真的。据说这些伪造的蜗牛肉足以乱真，让许多美食家都吃得赞不绝口。蜗牛壳可能是从清洁工和拾荒者手里买来的，加工厂将它们洗净后填入牲畜肺脏或猫肉。这些柔软的肉块由一种设计巧妙的机器切成螺旋状，以便塞进壳里。接下来，厂家再用液体脂肪封住这些“容器”的口，这些“食用蜗牛”就可上市销售了。这个秘密后来终究没能守住：一名男子在蜗牛加工厂上班时，被切割“蜗牛肉”的机器切断了一根手指，他将雇主告上法庭，要求赔偿损失。就这样，真相暴露了。

1911年

10月　OCTOBER

牛奶消毒

我们最近在一份每日领事报告上读到了驻阿姆斯特丹领事马欣（Mahin）的一则照会，其中援引了一份当地期刊对紫外线杀菌作用的描述，还提到汞白炽灯可大量产生这种光线。有了它，人们就能在短短几分钟之内完成对牛奶的消毒。目前已经有人设计出了一台装置，使牛奶呈细流状流经一盏电灯。据说这些牛奶在几分钟之内就完成了消毒，温度却没有显著上升。

1911年

12月　DECEMBER

咀嚼研究

为确定上下颌的平均咬合力，美国芝加哥牙科大学校长布莱克（Black）发明了一种结构简单，却能精确测试上下颌力量的装置——颌力计。布莱克用这个装置测量了1,000个人的咬合力，结果显示臼齿的

平均咬合力为171磅（约77千克），而双尖齿和门齿的咬合力却要小得多。布莱克的受试者包括社会各阶层，不限性别，其中有铁匠，也有洗衣工。

1912年

7月　JULY

人工波浪池

在去年德累斯顿举行的国际卫生博览会上，最吸引人的大概莫过于翁多萨（Undosa）的那个人工波浪浴池了。浴票（每张约6美分）的销售收入出人意料地高，有时一天就达到450美元。显然，这个人工波浪池或将成为一个既利润丰厚，又对社会有益的设施。所有人都可以从流水的按摩中受益。

1913年

9月　SEPTEMBER

人工肾脏

不久前，国际医学大会在伦敦召开，伦敦《泰晤士报》（*The Times*）做了如下报道："来自巴尔的摩的约翰·雅各布·阿贝尔教授（Prof. John Jacob Abel）的一次演示激起了人们极大的兴趣。阿贝尔教授发明了一种全新的巧妙方法来去除血液循环中的杂质，这一发明对一些极为复杂问题的研究肯定有所裨益。阿贝尔将一根玻璃管连接到被麻醉动物的主动脉上，动物的血液流经几根火棉管，最后通过另一根玻璃管流回静脉。所有随血液在体内循环的物质都会从火棉层通过，这样，阿贝尔教授就造出了一个相当于人工肾脏的装置。"

科学的兴起与发现

1906年

2月　FEBRUARY

白垩纪生物

下面的插图描绘的是两头巨大的爬行动物正在争夺霸主地位的情景。图中的动物是伤龙，一种比暴龙出现的时间要早，体形也比暴龙小很多的恐龙，其生活习性和外形很有可能和暴龙差不多。虽然我们不认为这种动物能像插图上呈现的那样敏捷——在数以千计的伤龙脚印中，没有一个可以证明它具有这样的特性——但我们相信对它外形的复原还是很准确的。根据查尔斯·罗伯特·奈特先生（Mr. Charles Robert Knight）的复原工作所绘制的图片为位于纽约的美国自然历史博物馆中陈列的古生物标本做了很好的补充。



根据查尔斯·奈特的复原工作所绘制的动态恐龙（1906年）

扩张的宇宙

完整的天穹照片表明，宇宙中大约有一亿颗恒星，但它们可能被人们忽视了。根据数学家们的了解，宇宙中存在的物质足以构成320亿颗和我们的太阳质量一样的恒星。这一点可以用这些恒星的高周转率来证明。以可见形态存在的恒星只占极小的一部分，其余的又是什么呢？是死去的恒星、行星，或是卫星？有没有可能，数十亿颗能量耗尽的恒星正在太空的某些角落游荡？它们是否都被死去的行星环绕着，仍旧保持旋转，度过没有生命也没有意义的岁月？

1906年

7月　JULY

放射性火炉

以前，地球被认为是一个表面包裹了一层厚度不确定的固体外壳的液态或半液态巨型球体。现在，我们则认为地球就是一个固态球体。既然我们否认熔岩储层来自地球中心的熔融物质（因为如果是这样的话，熔岩储层早在几百万年前就应该凝固了），那么接下来就该弄清，岩浆内部的热量从何而来。克拉伦斯·爱德华·达顿少校（Major Clarence Edward Dutton）认为，热量应该是在熔融的岩浆内部或者周围产生的。地球含有镭或其他放射性矿物质，这一点已被大家认可。科学家们的计算虽然不够精确，但足以证明，由地面以下的镭所产生的热量大部分保留在地球内部，仅有少部分辐射到宇宙中。

1906年

8月 AUGUST

爪哇的死胡同

几年前，欧仁·迪布瓦（Eugène Dubois）在爪哇岛发现了一些史前动物的遗骸。这些动物或许可以弥补人的祖先和猴之间存在的所谓缺失的一环。尤利乌斯·科尔曼（Julius Kollman）则更倾向于这种观点：不应在身材高大、头骨扁平的类人猿中寻找人类的直系祖先，而应该在进化树上回溯到更原始的动物，在那些头骨突出，体型更小的猴中寻找；他认为，在早期人类中，具有突出头骨的小矮人就是由此进化而来的。这也许可以解释为什么神话和民间传说中总会提到小矮人。

1907年

3月 MARCH

古巴比伦

在命运之手将巴比伦推向没落之前，尼普尔肯定是个非常令人向往的住处。那里的“图书馆”藏有25,000本当时书写在泥板上的书籍和文件。美国宾夕法尼亚大学的艾伯特·托拜厄斯·克莱教授（Prof. Albert Tobias Clay）已经成功破译了很多重要的泥板文书。从这些泥板的内容

来看，生活在公元前1400年的尼普尔居民，恐怕是最早悲叹“税收猛于虎”的人，因为很多文件都是租金或者缴税的收据。当时，他们并不是用货币交税，而是用农产品及农副产品，诸如玉米、芝麻、油、椰枣、面粉或者牲畜交税。

译者注：尼普尔，位于巴比伦东南部的古城，原临幼发拉底河，是苏美尔人时期的重要宗教中心。

胚种论

现已证实，超低温不会对任何微生物造成伤害。低温同时会减缓由光引起的光化学变化速率，以及脱水速率。由此，我们或许可以得出以下结论：星际空间的低温保护使得活着的微生物有可能从一个行星系转移到另一个行星系。因此自然发生学说是多余的，因为通过光压驱动细小的微生物，生命会从一个天体被传送到另一个天体。这一点也让我相信，宇宙中的全部有机体都彼此关联，所有进化过程都是相同的。

——斯万特·阿伦尼乌斯教授（Prof. Svante Arrhenius）

1907年

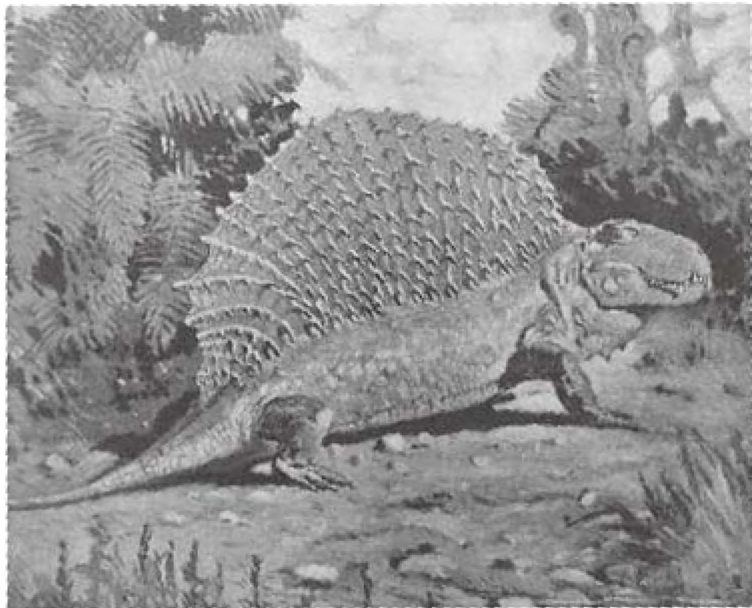
5月　MAY

恐龙

位于纽约的美国自然历史博物馆古脊椎动物部的负责人亨利·奥斯本教授（Prof. Henry Osborn）近期为科学做出了卓越的贡献：他让公众有机会看到一种来自得克萨斯的二叠纪时期食肉爬行类基龙属动物的化石骨架，这是世界上第一具也是唯一一具拼装完整的恐龙化石。在图中，查尔斯·罗伯特·奈特先生对恐龙栩栩如生的描绘十分夺人眼球。

——沃尔特·比斯利（Walter Beasley）

编者按：博物馆展出的这个化石骨架只是基龙和异齿龙的错误拼凑。



根据展出的化石骨架绘制的恐龙（1907年）

1907年

7月　JULY

火星人

如果像洛厄尔教授（Prof. Lowell）主张的那样，火星上存在植被，那么我们就该立刻开始考虑在这颗行星上有可能存在动物，因为植物是动物存在的前提。人们已经在火星上发现了运河和绿洲，这正是一个星球存在生命的重要特征之一。缺水是运河出现的关键因素。在火星上，可利用的水源只有两极地区为期半年的融雪。如果火星上确有智能生物，他们就必须想尽办法，将稀少的水源从极地地区引入聚居区的中心地带。

ABC　环球科学小词典

火星运河：1877年，意大利天文学家斯基帕雷利宣布，他观测到了火星的“运河”。后来，又有人进一步指出，火星上明亮的区域是干燥的沙漠，而黑暗的部分是大片的植被，“运河”是智慧的“火星人”开凿的。一时间，“火星人”成了全球性的热门话题。其实，早在火星“运河”刚被发现时，就有许多科学家表示怀疑。他们认为，由于火星质量较小，因此难以束缚孕育和保护生命的大气；而且火星距太阳比地球距太阳远

50%，表面温度一定很低，所以存在高级生命的可能性非常小。但是，由于缺乏直接证据，他们很难彻底战胜“运河”说。到了20世纪六七十年代，空间科学的发展帮助人们解开了火星“运河”之谜。根据探测器发回的照片，人们看到了真正的火星。“运河”根本不存在，那不过是人类的错觉和幻想。斯基帕雷利等人所看到的，不过是一些偶然排成一线的大大小小的环形山罢了（参见《环球科学》2007年第1期《火星水世界》一文）。

1907年

8月　AUGUST

放射性衰变

威廉·拉姆齐爵士（Sir William Ramsay）最近发布的一则声明应当引起人们的关注。据他称，在长期的试验中，他将各种混合物与镭射气（radium emanation，即氡）接触，以观察镭射气对混合物的影响。拉姆齐发现，混合物中的铜会转化，或者用他自己的话说，“衰变”成锂。他用镭射气处理了磷酸铜溶液之后，铜居然消失了，而在残留物的光谱上出现了一条代表锂的红线。这一发现如果能够被证实，必然会成为放射性时代化学上最伟大的发现之一。

编者注：铜不会衰变成锂；1908年，玛丽·居里（即居里夫人）和埃伦·格莱迪奇指出，上述实验中的锂其实来自于实验所用的玻璃容器。

1907年

10月　OCTOBER

蛇的催眠术

很多人都相信，毒蛇捕食猎物时，会使用一种神秘的“魔咒”。甚至连科学家也曾认真思考过毒蛇的这种所谓的催眠鸟类的能力。阿尔弗雷德·拉塞尔·华莱士（Alfred Russel Wallace）认为，这是一种视觉暗示，类似于催眠术。在欧洲和北美的农村，对于蛇能迷惑鸟儿这种现象，人们已经见惯不惊，就像捕鱼者能够迷惑鱼儿一样自然。不过在去年，我经过对响尾蛇的观察，证明了上述言论是错误的。蛇准备发起攻击时，根本不需要什么催眠技巧，它们只是慢慢昂起头，悄然逼近，缓慢地收

缩盘绕起来，然后标枪般迅速出击，再从容不迫地退后——一场战斗就这样结束了。

1908年

3月　MARCH

四维空间

数学是最严谨、最基础的学科。然而，在这样一个研究方法严谨和单调的领域，科学家开辟出了奇妙无比、神话般的想象空间，给予我们前所未有的体验——目前已经有人提出了四维甚至更多维的空间概念。如果一个人知道了四维空间的秘密，那么一间用6个平面围成的普通牢房不可能关得住他，因为只要在第四维的方向上轻微移动，他就能立即脱离三维空间。不过，在四维空间内，他必须谨慎行动，因为一旦回到三维空间，他就有可能发生很大的改变。

1908年

10月　OCTOBER

古兽化石

亨利·奥斯本教授曾带领美国自然历史博物馆的探险队前往埃及法尤姆沙漠考察，巨型重脚兽头骨就是他在埃及的重大发现之一。目前，奥斯本教授正在为这块头骨的展出做准备。巨型重脚兽生活在古非洲，是一种很特别的陆地哺乳动物。它最突出、最重要的特征就是有一对朝上向外、近2英尺（约61厘米）长、危险又奇特的锋利尖角。查尔斯·罗伯特·奈特先生为这只巨兽创作了一幅栩栩如生的复原图（见下图）。



重脚兽生活在始新世，现已灭绝。这是一张创作于1908年的复原图。

1908年

11月　NOVEMBER

难题

著名的库利南钻石已被成功地切割成11份。由于太大太贵重，难以找到买主，这块钻石在某种程度上沦为“鸡肋”，拥有它的公司一直为如何处理它而倍感头痛。最终，该公司决定将这颗钻石献给英国国王爱德华（King　Edward）。国王委托荷兰阿姆斯特丹的一家公司对钻石进行切割和抛光。英国《泰晤士报》称，库利南钻石原石的重量为1.3磅（约

589.7克）。通常，一颗钻石有58个切面。但考虑到库利南钻石的巨大尺寸，这家钻石加工公司将它切割成了74个切面。事实证明，这是个十分明智的决定。

ABC　环球科学小词典

库利南钻石：世界现存的最大钻石。这颗钻石于1905年1月27日在南非被发现，它长100毫米，宽65毫米，厚50毫米。据地质学家推测，库利南钻石晶体仅为原完整晶体的1/3，尚有2/3没有被发现。1907年，南非德兰士瓦地方政府将这粒巨钻买下并赠送给了英国国王爱德华。

1909年

1月　JANUARY

可怕的地震

地震很有可能是地球逐渐冷却的必然结果。由于地球不断向外辐射热量，自身温度逐渐降低，体积必然会慢慢缩小。在这缓慢而必然发生的变化过程中，地壳必须及时调整，才能适应这种变化。然而，只要地壳上的任何一块广阔的陆地相对另一块发生轻微移动，就会导致难以想象的灾难：房屋成片倒塌，村庄甚至大城市都会遭受毁灭性的破坏，有时还会造成大量人员伤亡。

1909年

8月　AUGUST

天外来客

哈雷彗星接近地球，是1909年和1910年最重大的天文事件。每过75或76年，这个引人瞩目的天体都会沿着它那扁长的椭圆形轨道，完成绕太阳一圈的环行。1836年5月，人们在开普天文台对它进行了最近一次观测。虽然在这之后哈雷彗星很快就从人们的视野中消失，但科学家已精确掌握了它在太空中的行进轨迹，就像在茫茫大海中，水手掌握了船舶的正确航向一样。那些装备了大型望远镜的天文台正在相互竞争，看谁将率先观测到从浩瀚星空返回的哈雷彗星。

1909年

10月　OCTOBER

电气栽培

人们一直认为夏季持续两三个月的日照是极地植物快速生长的原因，但现在这个说法被推翻了。芬兰赫尔辛基大学的莱姆斯特伦教授（Prof. Lemstroem）提出，多项证据表明，在大气层和地表之间流动并引起北极光的电流才是导致北极植物快速生长的原因。针叶树的针状树叶和谷物的芒刺都有利于电流贯通整株植物，这一特性正是这种奇异现象的成因之一。

1910年

2月　FEBRUARY

细菌化肥

根瘤菌具有固氮能力和硝化机制。这一发现促使科学家进行新的尝试：通过添加固氮菌来加强固氮和硝化过程。1895年，德国科学家诺贝（Nobbé）和希尔特纳（Hiltner）为豌豆与其他豆类及其生长的土壤的接种技术申请了专利。他们的具体做法是，将种子放在根瘤菌凝胶培养基的浸液中浸泡。1904年，美国农业部分发了12,000盒细菌培养基，它们的效果看上去还不错。但这些培养基的作用尚不明确——土壤本身含有大量硝化细菌，只是它们的生长会受到多种因素的抑制。

洪水

洪水在法国巴黎肆虐，把这个国际大都市的很多街道都变成了可以行船的“威尼斯运河”（见下图）。皇家大桥处的最高水位超出正常水位31英尺4英寸（约9.5米），被淹没的两侧河岸长达1英里（约1.6千米）。自创历史纪录的1615年大洪水以来，巴黎就没再经历过这样的洪水。洪水的真正成因尚不明确。地质学上的解释是，洪水暴发是因为该年冬天并不寒冷，降雨量大而蒸发量少，塞纳河流域的容水量达到饱和。至于洪水的具体原因，市政工程人员的调查结果可能更为可靠。



洪水使被称为“光之城”的巴黎变成了“水之城”（1910年）。

1910年

3月　MARCH

放射性元素

根据放射性衰变理论，放射性矿物质中钋的含量肯定非常少。根据这一理论，钋被看作镭的衰变产物。处于放射性平衡状态时，这两种物质的相对比例等同于它们平均寿命的比值。镭的平均寿命约为钋的5,300倍，每吨沥青铀矿中含有0.2克镭，也就是说这种矿每吨中钋的含量不可能超过0.04毫克。最近，利用专门囤积的几吨铀矿残余物，我们开展了一项提取浓缩钋的化学研究。

——居里夫人（Mdme. Curie），安德烈-路易·德比耶纳（André-Louis Debierne）

1910年

8月　AUGUST

森林与洪水

最近，在欧洲和美国，关于森林对河流流量的影响引发了一场激烈的争论。在阅读与这个复杂问题相关的文献时，人们会惊讶地发现，很

多理论所依靠的事实根据都不够充分。意识到这一点后，美国气象局和美国林业局共同开展了一系列调查，旨在准确提供研究所需的数据。在科罗拉多州瓦根惠尔加普（Wagon Wheel Gap）附近，科学家将对两个具有相似地形的河流流域进行全面研究，弄清楚森林植被对河流流量、侵蚀、泥沙沉积等方面的影响。他们首先会在8～10年内，持续测量两条河流的水流量；然后清除其中一条河流两岸的植被，在接下来的8～10年里，继续测量两条河流的水流量。这样一来，除去植被有何影响可能就非常清楚了。

编者注：瓦根惠尔加普项目是美国首个研究森林对河流流量影响的对照试验。砍伐森林的确能使河流流量升高，但7年后，新长出的植被又会使河流流量大幅度下降。

1910年

11月　NOVEMBER

细胞培育

美国洛克菲勒研究所的亚历克西斯·卡雷尔博士（Dr. Alexis Carrel）及其助手蒙特罗斯·托马斯·伯罗斯博士（Dr. Montrose Thomas Burrows）认为，从逻辑上说，开发一些有助于发现生理规律的研究方法也是科学的一部分。他们已经开始系统研究这类方法中的一种方法，即从机体中提取成熟组织进行体外培养。他们的实验显示，成熟组织和器官在体外极易生长。就连科学态度严谨而保守的卡雷尔和伯罗斯都认为，无论怎样来看，哺乳动物成熟组织的体外培养这一方法如果得到完善，将有助于探索人类病理学中的未知领域——这些研究可能对人类的生存具有极为重大的意义。

1910年

12月　DECEMBER

海底世界

最近到访美国的英国著名海洋学家约翰·默里爵士（Sir John Murray），几年前在英国科学促进会的一场演讲中指出：“继哥伦布

（Columbus）和麦哲伦（Magellan）大航海之后，过去25年的深海发现是为地球自然知识宝库增添的最为重要的一笔财富。”但当所有人的注意力都集中在以下事实，即礁体、岛屿这些庞然大物竟是由微小珊瑚的活动而形成的，我们需要认识到，这仅仅是深海动物学研究的一个重要实例而已。目前，数百位博物学家都在研究摩纳哥王子阿加西（Agassiz）和其他深海探索者搜集到的资料和数据。

1911年

1月　JANUARY

非凡的居里夫人

在这样一个开明的时代，在巴黎这样的文化启蒙中心，对于居里夫人这样拥有辉煌成就的科学家是否有资格成为法国科学院院士，居然还需要讨论，我们不禁为此深感遗憾。科学界在授予科学家荣誉时，根本不应该考虑性别问题。即使不是要求提高妇女权利和特殊优待的热心人士，也会认为凭借这个女人的非凡成就，在科学院中获得与其他能力相同的人同等的地位和权益是理所应当的。

编者注：在政治操控下，居里夫人被法国科学院拒之门外。

1911年

3月　MARCH

金星大气

金星与地球大小相当，但由于它离太阳更近，温度必然比地球高。据估计，金星的平均温度约为140℉（约60℃）。各种迹象表明，这颗行星被一层厚重而浓密的大气层包裹着。每个世纪出现1～2次的金星凌日（金星圆面投射在太阳表面的现象）发生时，金星大气层给金星镶上了一道明显的金边。浓厚的大气层能强烈反射阳光，因而金星的表面温度不大可能高到高等生命无法生存的地步。因此，这颗行星应该是适宜居住的。

译者注：后来的观测表明，金星大气中超强的温室效应使金星表面温度达400℃以上，是名副其实的炼狱。

1911年

4月　APRIL

冲向南极

斯科特上校（Capt.　Scott）捎信来说，阿蒙森（Amundsen）和他一样，正在努力向南极进发。在雪橇探险队登陆后，斯科特的“特拉诺瓦号”（Terra Nova）轮船带着斯科特上校的消息返回了新西兰。据悉，探险队中的彭内尔上尉（Lieut.　Pennell）在冰岛湾发现了阿蒙森的“前进号”（Fram）轮船，还有一支整装完毕准备前往南极的挪威探险队。在“前进号”上，有8个人和16条格陵兰犬。在斯科特的消息送达之前，人们没有听到过任何关于阿蒙森探险队的消息。

1911年

6月　JUNE

温室效应

为了解释在地质史上多个阶段都出现过的冰期，斯万特·阿伦尼乌斯提出了一个很有新意的理论。根据兰利（Langley）所做的实验，大气中的二氧化碳和水蒸气能够阻挡地球发出的长波热辐射，而对太阳射向地球的各种波长的光线则只有较弱的阻挡作用。阿伦尼乌斯由此推断，只要大气中二氧化碳和水蒸气的含量有所增加，地球的保温效果就会增强，地表温度就会随之上升。该理论推断，地球大气中二氧化碳和水蒸气在冰期含量较少，而在较热的时期则含量较多。

1911年

11月　NOVEMBER

居里夫人

就在几天前，我们刚得到了居里夫人第二次获得诺贝尔奖的消息，这一次她得的是化学奖。居里夫人获得的荣誉和奖项众多，在此无法一

一列举。除了她和丈夫在放射性领域合作进行的数项研究之外，居里夫人还独立发表了许多论文，并撰写了一部题为《放射性物质研究》（*Investigations of Radioactive Substances*）的著作。她在书中阐明了和丈夫共同取得的成果，其中包括具有划时代意义的镭的发现。

1912年

3月　MARCH

思索相对性

对有的人来说，现代科学的种种概念和形而上学即使实际上没有关联，两者的边界也离得很近了。我们提到过，电子的质量会随着速度加快而增大，当它达到光速时，质量将变得无穷大。换句话说，实质上任何运动速度都不可能超过光速。在凭借詹姆斯·克拉克·麦克斯韦（James Clerk Maxwell）等人的努力，使这个结论得到完全证实之前，杰出的德国科学家阿诺德·索末菲（Arnold　Sommerfeld）曾建立超光速系统的动力学模型（假想的超光速粒子后来被称为“快子”）。它让我们有了一个结论，或者说一个悖论。很多人对此表示难以接受，并立即表示反对。正是基于对反对意见的思索，科研工作者［阿尔伯特·爱因斯坦（Albert Einstein）等人］才发表了“相对性原理”。这一伟大原理是现代物理学中最基本的原理，它断言质量、长度和时间都是相对的。

——约翰·威廉·沙利文（John William Sullivan）

1912年

10月　OCTOBER

细菌灭蝗

不到两年，一种由细菌引起的传染病就将尤卡坦半岛上定期来犯的蝗虫杀了个干净。这种疾病发作起来持续12～46小时，症状是剧烈的腹泻。发病期间肠道中的物质几乎全部成为了微生物培养基。费利克斯·德雷勒（Félix d'Hérelle）分离出了这种微生物，并在一份提交给法国科学院的科研报告中分析了它们的致病效果。现在，德雷勒先生又受阿根廷

政府之托，在每年肆虐于巴拉那地区的另一种蝗虫身上试验这种微生物的杀虫效果，结果出人意料地好。

编者注：此后，德雷勒又对细菌做了进一步研究，最终在1917年发现了噬菌体（侵染细菌的病毒）。

1912年

12月　DECEMBER

巴甫洛夫的饿狗

几年来，才华横溢的俄国生理学家巴甫洛夫（Pavlov），一直在用实验的方法对动物的反射行为做详尽的研究。《德意志评论》（*Deutsche Revue*）写道："现在，巴甫洛夫已经不用'心理反射'这个术语，而是改说'条件反射'和'非条件反射'。'条件反射'指的是，当感官受到适当的刺激时总会出现的反应，比如食物一放进嘴里，唾液就会流出。'人为条件刺激'也有同样的效果：如果在给一条狗喂某样食物时，总是奏响同一个音符，那么一段时间之后，只要奏响那个音符，狗就会流出唾液。但只要音符略有偏差，唾液就不会流出。"

1913年

1月　JANUARY

皮尔当人

大约一年前，英国古生物学家道森先生（Mr. Dawson）在英格兰萨塞克斯郡的皮尔当发现了一个相当完整的人类头骨。这是不列颠群岛上最古老的人类遗骸，也是全世界最古老的人类遗骸之一。有人说，皮尔当人是大猩猩和现代人类之间的过渡类型，但这个说法忽视了大猩猩的体型比人大得多的事实。不过，相比前额平坦的尼安德特人，皮尔当人要高级得多。由此可以推断，远在前额较低的尼安德特人遍布西欧之前，这个地区就有了至少一种前额较高的低等人种。

编者注：对于这块化石的怀疑一直不曾间断。到1953年，三位英国科学家最终证明"皮尔当人"是一个骗局。

1913年

2月　FEBRUARY

斯科特之死

在南极这片荒凉、冰冷、未曾被探索的不毛之地，斯科特上校在抵达南极点之后，献出了自己的生命。他至死都是一位真正的科学英雄。在那片无人涉足的南方雪原下没有埋藏的珍宝，有的只是不朽的英名。

这样一位自愿与世隔绝三年、最终在一场暴雪中葬身的人，他的理想，只有那些跟他一样致力于科学研究的人方能明白。他是为了什么？是为了得到气象学资料，是为了收集地质学数据，是为了在那片冰冷、雪白、沉寂、或许永无人烟的大地上发现动植物的踪迹。总之，他绝不是为了寻找黄金。

阿尔塔米拉岩画

为什么阿尔塔米拉的远古艺术家要在自家洞窟的黑暗角落里绘制那些旧石器时代的岩画，而不去那些阳光充足、便于下笔的地方创作呢？很有可能，这些画作并非为了表达对于美的热爱，也不是哪位旧石器时代的“乔托”想要“露上一手”，而完全是出于一定的实际目的。实际上，这些都是为生计创作的原始招贴画，目的是充实食品储藏间。有人这样猜测：高卢南部和西班牙北部的旧石器时代的居民相信，只要画下鹿、野猪、野牛、马（在当时是美味）和猛犸的形象，就可以把真正的动物引来。

译者注：乔托，意大利文艺复兴早期杰出的雕刻家、画家和建筑师，被誉为“欧洲绘画之父”。

1913年

3月　MARCH

超导

最近荷兰科学家海克·卡默林·翁内斯（Heike Kamerlingh Onnes）在实验中证明，超低温能够降低电阻，这有助于证明下面的理论：在温度降低到绝对零度时，任何导体的电阻都会消失。通过在半真空的环境中

使液氦沸腾，科学家获得了仅比绝对零度高3℃的低温。在这个温度下，汞的电阻只有0℃时的千万分之一。

1913年

5月　MAY

沉船寻宝

1799年，装载了10吨金银的英国护卫舰“卢廷号”（Lutine）沉没。找回这些金银所面临的最大难题是，船上生锈的炮弹和货物压住了金银。“卢廷号”的打捞工作将在明年春天重启，届时，打捞船“里昂号”（Lyons）会带着一块起吊重量达到3吨的电磁铁去打捞船上的财宝（见下图）。水下的金属块将先被小股炸药炸成小块，然后由磁体吊起。



起锚：打捞人员计划用一块强有力的电磁铁来打捞沉船（1913年）。

1913年

11月　NOVEMBER

达尔文和华莱士

阿尔弗雷德·拉塞尔·华莱士在不久前离开人世。托马斯·亨利·赫胥黎在1858年给约瑟夫·胡克（Joseph　Hooker）的信中写道："看来华莱士坚定了达尔文的决心。听说我们可以了解他的观点了，这让我很高兴。我期待一场伟大的变革。"与华莱士的交流显然加快了达尔文的研究，但如果认为华莱士的作用仅仅是激励了达尔文，那就大错特错了。即使达尔文没有为世界贡献出自然选择学说，华莱士也一定会的，这一点毫无疑问。

1913年

12月　DECEMBER

美国的皮尔当人骗局

如果新闻界的广泛宣传能公正准确地衡量出公众对某个话题有多大兴趣，那么我最近接受的有关史前人类的采访在报纸上出现的位置和所占版面都足以显示，公众对此所持的态度不仅仅是好奇而已。同样让我觉得有趣的是，在美国各地发行的报纸，凡涉及这一话题的，几乎都重点描述了人类在地球上的悠久历史。这的确是整个人类起源问题中至关重要的一点。近来的多项发现已十分清晰地表明，人类存在的时间远比绝大多数科学家所设想的漫长。

——詹姆斯·莱昂·威廉姆斯医生（Dr. James Leon Williams）

编者注：皮尔当人指的是一块1912年在英国发现的原始人化石。该发现在1953年被证明是一场骗局。威廉姆斯医生的职业为镶牙医师，他是一名满怀热情但容易轻信的业余人类学家。早在1913年11月的时候，英国伦敦大学国王学院的科学家戴维·沃特斯顿就在《自然》杂志上发表文章，正确鉴别出这个头骨属于现代人类，下颌骨则来自于一只猩猩。

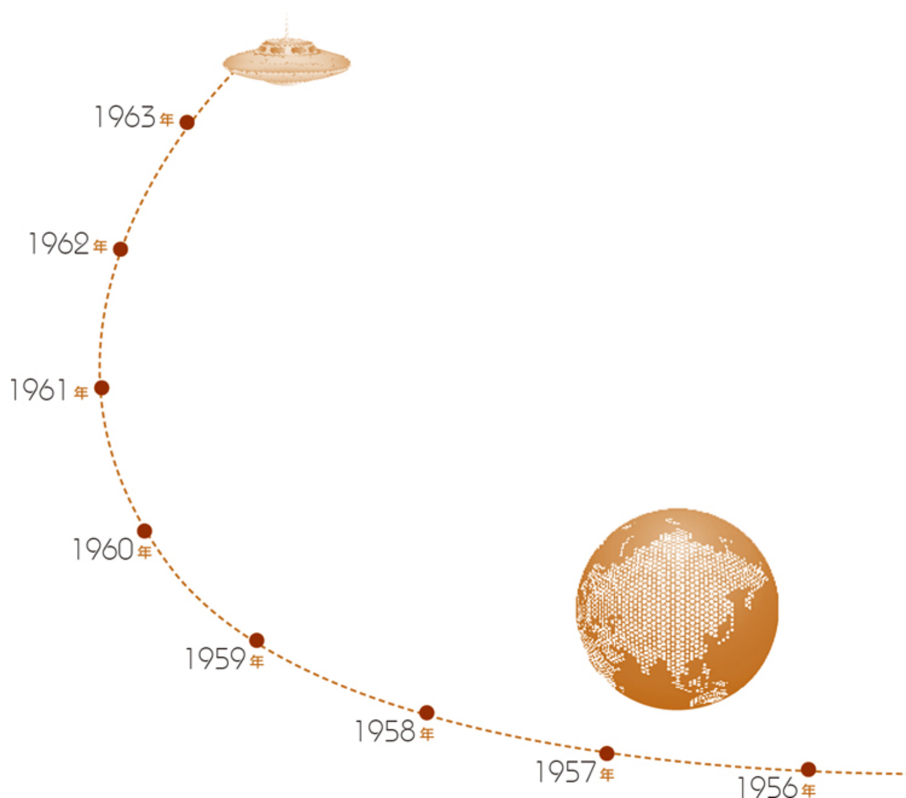
第三部分　影响空前的科技推动力（50年前：1956～1963年）

太空时代的新技术

上天入地的科学探索

方兴未艾的生物学与医学

核阴影笼罩下的人与社会



20世纪中叶，第二次世界大战已经结束，科学开始了飞速发展。物理学、天文学、生物学、医学等领域的一系列重大发现，让世界迎来了一个崭新的时代。而仍被笼罩在冷战阴影中的人们，心理上经受着极大的考验。阴影过后，这些技术和研究终将改变人们的生活。

太空时代的新技术

1957年

7月　JULY

人工降雨

近来，美国气象学会理事会收集现有数据，讨论了播云，也就是为进行人工降雨而向云中播撒催化剂的有效性。最终结论是无法证实播云是否有效。他们在声明中指出，适合人工降雨的天气条件与通常能产生自然降雨的条件非常相似。理事会还指出："播云只能触发现有云层的降水。"没有确凿证据显示碘化银地面发生器（在地面操作的催化剂运载工具）能在平原地区提高降雨量。似乎只有在寒冷的天气，以及在使空气上升的山脉地区，播云才能发挥作用。另外，催化惰性云体也可能导致相反的效果，即驱散云层，而不是产生降雨。

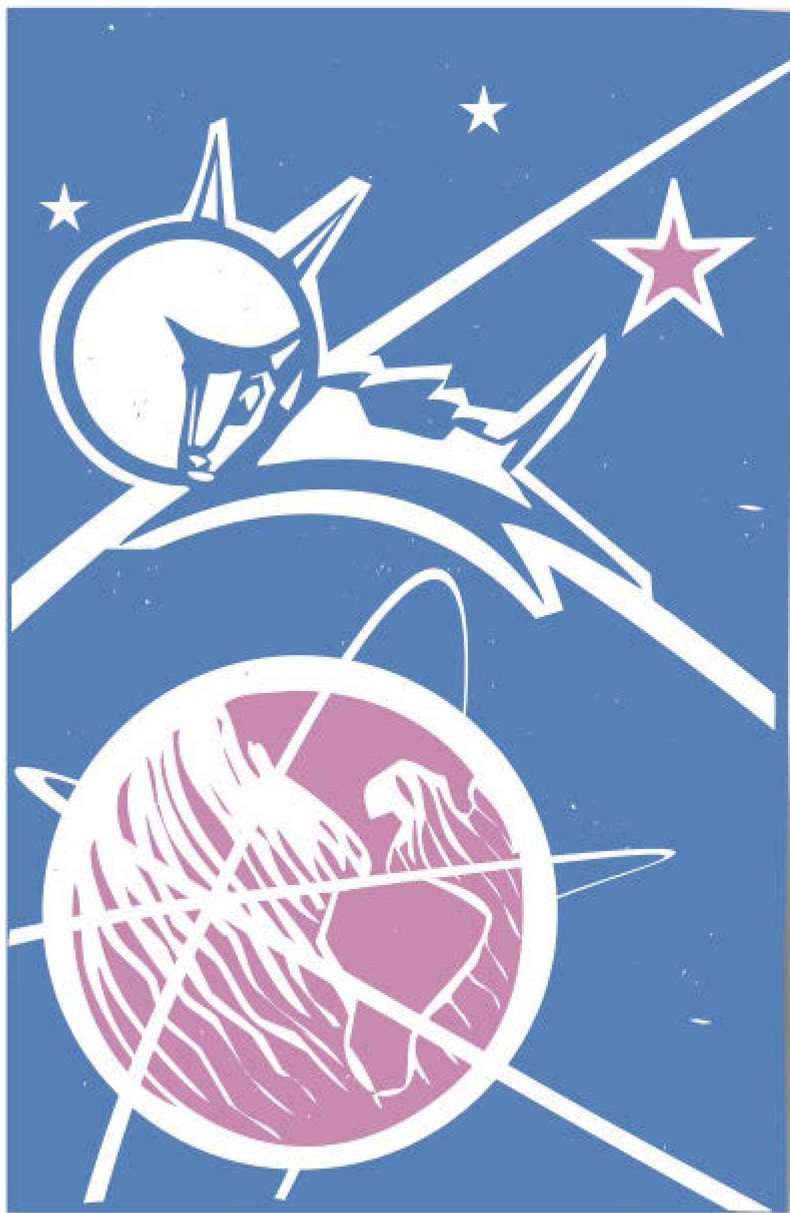
1957年

12月　DECEMBER

"斯普特尼克二号"

日前，苏联成功发射第二颗人造卫星［"斯普特尼克二号"（Sputnik 2）］。一只名叫"莱卡"（Laika）的小狗乘坐这颗重约500千克的卫星进入太空，成为第一位"太空旅客"。全世界的科学家都相信，太空旅行的时代已经到来，发射登月火箭似乎指日可待。苏联政府通过新闻机构——塔斯社——发表官方声明："为了装载众多计量与遥测装置，更为了给动物提供空间，卫星体积必须增大，这就要求对现有仪器和能源技术进行改进。"

编者注：直到2002年，人们才得知，卫星发射7小时后，莱卡就已死亡，这很有可能是由高温高压导致的。



1958年

7月　JULY

预应力混凝土

欲使混凝土变得更加坚固，需要将其压缩；而欲使钢筋变得更加坚

固，则需要将其拉伸。把这两种属性相反的物质混合起来，就制成了一种比普通钢筋混凝土更坚固，比纯钢筋更便宜的建筑材料——预应力混凝土。这项技术过去几年才发展起来，但在建筑界，它已被公认为20世纪最伟大的进步之一。目前，大多数高楼和桥梁的修建，都使用了这种材料，在美国制备预应力混凝土的产业规模将达到10亿美元。可以说，我们从钢筋时代跨入了预应力混凝土时代。



1959年

2月　FEBRUARY

响鞭

早在能突破声障（亚声速与超声速的临界点）的炮弹和飞机出现以前，人类创造出超声速冲击波的历史就有上千年了。当我们舞动皮鞭时，它会发出响亮的噼啪声，不过这不是鞭子的皮革相互击打的声音，而是因为鞭梢的速度超过了声速。美国华盛顿特区的海军研究实验室通过与响鞭表演者合作，在对皮鞭进行动力学实验和理论研究的基础上，揭开了这个真相。根据每秒4,000帧的高速相机的记录，鞭梢舞动时的速度能达到近1,400英尺／秒（约426米／秒），比声速快了约25%。在阴影图上也可以清晰地看到，冲击波从鞭梢处源源不断地涌出。

1959年

6月　JUNE

太空菜单

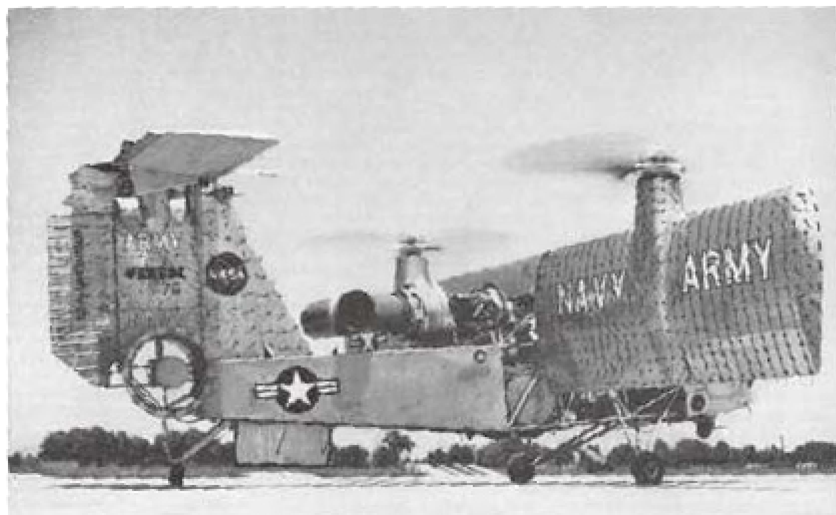
在太空失重条件下如何解决吃喝问题，是长久以来引发科幻小说家遐想的主题之一。现在，一个飞行实验室正在致力于解决这个问题。初步的研究结果显示，太空旅行者可以用塑料挤压瓶饮水，太空食品则以类似婴儿食品的半流质食物为主。《航天医学杂志》（*Journal of Aviation Medicine*）的一篇报道称，几乎所有参与实验的志愿者都认为，利用敞口容器饮水非常困难，难以完成。在失重条件下，即便缓缓地拿起一杯水，也很可能把一团变形虫一样的液体泼到自己脸上。使用吸管饮水的效果也不理想——气泡会在失重的水中悬浮，人们吞下去的空气比水还多。

1960年

8月　AUGUST

直升机

世界各国都在积极研究垂直起降航空器。在美国，这项研究由美国国家航空航天局、多家航空器制造商和军方合作进行。商业客运的需求并不是研制这类航空器的唯一的，甚至不是主要的推动力。海陆空三军对于无需准备跑道就能在前线直接起降的各种类型的航空器都很感兴趣。截击机、侦察机和货运机的研制都在紧锣密鼓地进行。就货运航空器而言，它们在商业和军事领域显然都能派上用场。



直升机：带有螺旋桨的新式航空器（1960年）

1961年

5月　MAY

苏联太空人

1961年4月12日，一个名叫尤里·阿列克谢耶维奇·加加林（Yuri Alekseyevich　Gagarin）的苏联人乘坐宇宙飞船，跨越了地球与行星际空间的界限，因成为世界上首位完成这一壮举的人而闻名于世。这艘“东方号”（Vostok）宇宙飞船重5吨，搭载着它的火箭于莫斯科时间上午9:07发射升空。进入预定轨道后，加加林发回了如下信息：“我正在观望地球，能见度很好。我感觉不错，精神状态良好。设备运转正常。”



1961年

7月　JULY

天气预报革命

大气的变化是异常复杂的，我们不能指望通过短短几个月的卫星观测，就能一下子弄清天气过程，或是马上提高天气预报的准确度。不过，在分析了“泰罗斯一号”（Tiros Ⅰ）和“泰罗斯二号”（Tiros Ⅱ）收集到的数据后，气象学家确信，气象卫星将对气象学产生革命性影响。正是基于这个信念，美国气象局正与美国国家航空航天局联手，计划发射更多的气象卫星。

1962年

1月　JANUARY

声爆

去年，美国国会向联邦航空管理局拨款1,100万美元，用于研发超声速交通工具样机，美国国家航空航天局会提供技术上的支持。要让大型客机飞行速度超过声速，研究人员必须解决设计、建造和操作方面的诸多重大问题，而声爆就是其中难度最大的问题之一。所谓声爆，就是物体在空气中以超声速运动时发出的爆炸般的巨响。过去就发生过个别案例：超声速战斗机飞越人口稀少的地区时，制造的声爆引发过警报，造成了一些破坏。鉴于此，让一队轰鸣的超声速客机在大都市的机场附近执行飞行任务，并从低空飞过城市，显然是不可能的。



1962年

2月 FEBRUARY

误差编码

直到不久前，工程师在设法改善通信信道质量时，都还着眼于降低噪声，或者说得精确些，着眼于提高信噪比。要达到这个目的，最直接的办法就是增大信号强度。但在过去15年中，一系列新的信号处理装置，尤其是电子计算机，却指明了一种能以最小误差传输信号的新途径，那就是运用误差检测编码。这类编码的基本原理早已为人所知，现在又增添了新内容：一套让工程师得以判断当前的编码与理想状态相差多少的理论和一系列编码技术。

1962年

4月　APRIL

载人太空飞行

“水星计划”在1962年2月20日取得首次载人轨道飞行的成功，或将为太空探索领域的国际协作拉开序幕。宇航员小约翰·赫舍尔·格伦（John Herschel Glenn, Jr.）的表现也证明，人类能够在宇宙飞船中发挥作用。格伦表示，在本次飞行的初期，自动系统出现故障后，他通过控制飞船的俯仰、偏航和滚动来“驾驶”太空舱。他后来表示，自己的经验说明“人可以接替各种系统”。他还进一步建议：“在未来的飞行中，我们或许可以大幅降低机器的自动化程度和复杂性。”

1962年

6月　JUNE

计算机的应用前景

数字计算机在机器翻译和信息提取这两个领域的应用前景，已经促使越来越多的研究人员把目光重新对准了语言。要是能造出一台完备的翻译机器，我们就将向扫清语言障碍的目标跨出一大步。要是能造出一台完备的信息提取机器，我们就能更加轻易地获得世界各地图书馆中的知识资源。

1963年

1月　JANUARY

太空合作

1962年2月，苏联领导人赫鲁晓夫（Khrushchev）在为约翰·格伦绕地飞行成功发出的贺信中，建议美国和苏联在一些太空研究项目中合作。美国总统肯尼迪（Kennedy）做了答复，建议两国在太空医学，气象卫星、通信卫星研发，地球磁场绘制，太空飞行器跟踪领域进行合

作。1962年6月，苏联火箭专家阿纳托利·阿尔卡季耶维奇·布拉贡拉沃夫（Anatoli Arkadyevich Blagonravov）与美国国家航空航天局副局长休·拉蒂默·德赖登（Hugh Latimer Dryden）进行会谈，双方就其中的三个领域草拟了合作建议。在得到各自政府的批复之后，这份协议在联合国关于和平利用外太空的辩论时被公布。

1963年

6月　JUNE

机器翻译

只有研究出中文翻译机器，西方人才有望真正了解中国人的风俗、成就和抱负。亚洲东南部半岛就有数亿人口，目前出版的报纸、杂志和书籍每年约合30亿字。在这个巨大的文字量当中，只有不到1%的内容被翻译成英文、法文或德文出版。我们之所以需要自动翻译，是因为靠人工翻译应付不了这样巨大的工作量，译者也不可能完全掌握翻译所需的专业词汇。

1963年

8月　AUGUST

超声速梦想

20个月前，英国和法国计划联手制造一架超声速商用飞机。受到这一计划的刺激，美国国家航空航天局已经向国会申请一项7.5亿美元，以协助美国的飞机制造商研发一款相似的飞机。据估计，这架飞机的研发成本将高达10亿美元，私有企业无力承担。这将是美国政府首次直接出资贴补商用飞机的研发工作。美国联邦航空管理局局长纳吉布·伊莱亚斯·哈拉比（Najeeb Elias Halaby）预计，新飞机将于1971年之前投入使用。哈拉比相信这架飞机将有可能和英法合造的“协和”客机同步上市，并在速度上超越后者。

上天入地的科学探索

1956年

1月　JANUARY

马尾藻

一代又一代科学家前往马尾藻海进行研究。与海藻可能使我们联想到的情形相反，马尾藻海并非生机勃勃的海上丛林，而是巨大的海上沙漠。这些海藻从何而来？哥伦布认为这些漂浮的海藻是从亚速尔群岛附近巨大的水下植物床散落出来的，但这些所谓的植物床至今还未找到。这些漂浮的马尾藻足以证明，它们是在被发现的海域中独立生长、繁殖和生存的。现在，许多海洋学家更支持这样一种理论：马尾藻海中绝大多数海藻就产生于这片海域。它的祖先也许来自海底的植物床，但如今它已经进化，可以自由漂浮在海面上生存。

ABC　环球科学小词典

马尾藻海：北纬20°～35°、西经35°～70°之间的大西洋海面上，有一片面积约520万平方千米的“魔藻之海”。马尾藻在海风和洋流的带动下，犹如一条巨大的橄榄色地毯，一直向远处伸展。这里还是终年无风区。自古以来，误入这片海区的船只，几乎全部因为缺乏航行动力而活活困死。1492年，哥伦布在向美洲进发的途中，进入了这片海区，被马尾藻围困一个多月，最后在全体船员的奋力拼搏下，终于死里逃生。马尾藻海遂名声大噪。在远离大陆的大洋中心，为何会出现一个长满藻类的海域？这些藻类又是从何而来？这一直是科学家研究的课题。

1956年

6月　JUNE

反质子

众所周知，反质子的产生需要巨大能量，因此最有可能在宇宙射线中发现它。有些情况下，研究人员虽然能够探测到反质子产生的某些迹象，但却从来没有足够的信息来确认这一点。对此，美国加利福尼亚大

学的研究人员利用高能质子同步稳相加速器，以60亿电子伏特的质子轰击铜制标靶，以探测和确认是否有反质子产生。这一探测方案由欧文·张伯伦（Owen Chamberlain）、托马斯·伊普西兰蒂斯（Thomas Ypsilantis）和笔者共同设计制订。到目前为止，加利福尼亚大学伯克利分校的研究人员已经在乳剂中探测出了大约20条反质子轨道。

——埃米利奥·塞格雷（Emilio Segrè），克莱德·威甘德（Clyde Wiegand）

ABC　环球科学小词典

反质子：1930年英国物理学家狄拉克提出电子有两种，除了有带负电荷的电子外，还有带正电荷的电子，这两种电荷恰好一正一反，带正电荷的电子是带负电荷电子的反粒子，也就是反电子。两年以后，狄拉克的预言得到了证实，美国物理学家安德森在实验室发现了反电子。而后，美国物理学家塞格雷与张伯伦又发现了反质子，他们也因此获得了1959年诺贝尔物理学奖。

1956年

7月　JULY

原子窥秘

现在，就算成绩再差的学生也知道原子的存在，甚至了解原子的构造。微小的原子核周围笼罩着电子云的图形几乎已经成为我们这个时代的标志。1951年，笔者开始酝酿一种检测原子核的新方法，即用高速电子轰击原子核，然后观察电子如何偏转，或者像物理学家所说的，如何散射。同年，斯坦福大学建成一台大型直线加速器，它能产生强力电子束，能量可达十亿伏，波长仅为几费米（1费米 = 10^{-15}米）。如此短的波长足以相当详细地揭示原子核的构造。

——罗伯特·霍夫施塔特（Robert Hofstadter）

ABC　环球科学小词典

霍夫施塔特：美国物理学家，因研制出大型直线加速器而获得1961年的诺贝尔物理学奖。1950年，他离开普林斯顿大学，成为斯坦福大学的副教授，开始从事直线加速器和电子散射项目的研究。

1956年

8月　AUGUST

发现中微子

随着中微子的发现，物理学中一项漫长而精彩的探索终于到达了胜利的彼岸。洛斯阿拉莫斯科学实验室的弗雷德里克·莱因斯（Frederick Reines）和小克莱德·洛兰·考恩（Clyde Lorrain Cowan, Jr.），在萨凡纳河畔的核反应堆附近的一个地下室里，锁定了这一神秘粒子。在1月号的《科学美国人》中，菲利普·莫里森（Phillip Morrison）将中微子的发现与海王星的发现进行了对比。海王星的发现，一直被视作经典物理学的最高成就——通过其他星球的运动证明其存在。而中微子则是现代物理学的最高成就，它的发现是能量守恒定律的有力证明。

1956年

12月　DECEMBER

101号元素

我们的视线牢牢锁定在一个与电离室相连的脉冲记录仪上。一个小时过去了，黑夜渐褪，晨光微曦，等待似乎无穷无尽。突然，等待的结果终于出现了！记录笔骤然跳向刻度中间，然后跳回，在两者之间画下了一条优美的红线，代表着10倍于α粒子所能制造的电离脉冲强度。在这一实验之前，对天然本底辐射的测试已经进行了数日，其间并未出现这样的脉冲记录。看起来，这一脉冲很可能就是我们期待的裂变信号。我们在夜色中继续等待。大概又过了一个小时，记录笔记录下了又一个与第一次相似的脉冲。现在可以确定，我们已经见证了101号元素的两个原子的衰变过程，化学元素周期表又多了一位新成员。

——艾伯特·吉奥索（Albert Ghiorso），格伦·西奥多·西博格（Glenn Theodore Seaborg）

ABC　环球科学小词典

西博格：美国核化学家。从1940年到1958年，他和其他化学家合作，一共发现了原子序数从94到102的9个新元素。鉴于西博格在超铀元素（原子序数在114附近的重元素）方面的杰出贡献，他与麦克米伦（镎元素的主要发现者）共同获得1951年诺贝尔化学奖。在元素周期表中，第101号元素是钔。



1957年

4月　APRIL

宇称终结

τ介子和θ介子都会随着时间的流逝而发生衰变。τ介子会分解为3个π介子，而θ介子则会分裂为2个π介子。令人困惑的是，除了衰变方式不同以外，τ介子和θ介子的其他特性都完全相同。它们有可能是同一种粒子吗？一种粒子具有两种不同的衰变方式是可能的，理论上没有问题，现实中也找到过先例。但是τ介子和θ介子却明显违背了宇称守恒定律。面对这一难题，美国哥伦比亚大学的李政道和普林斯顿高等研究院的杨振宁大胆地提出了这样一种可能：在τ介子、θ介子及类似的粒子衰变过程中，宇称守恒定律并不成立。

——菲利普·莫里森

ABC　环球科学小词典

宇称守恒：物理规律在空间反演（如镜像）下完全不变。例如，左边的钟是右边的钟的镜像，右边的钟以顺时针方向旋转，左边的钟则以逆时针方向旋转，但两个钟的快慢却是一致的。这就是说，物理规律是左右对称的，这就是宇称守恒定律。宇称守恒定律于1926年被发现后，一直被视为神圣不可动摇的定律，然而却被李政道和杨振宁打破，他们也因此项研究获得了1957年诺贝尔物理学奖。

1957年

6月　JUNE

月球尘埃

将月球上的物质带回地球，这如果能实现，就将在科学史上写下极

为重要的一笔。这个课题是如此诱人，以至于产生了多种提取月球物质的创造性方案，有的甚至不需要登陆月球。例如，我们可以同时向月球发射两枚火箭，其中一枚通过自导装置紧随另一枚。前面的火箭先向月球发射一颗小型原子弹。由于月球上没有大气层，且引力相对较小，蘑菇云能够升腾到很高的空中。这样，第二枚火箭就可以潜入蘑菇云，搜集一些尘埃，然后利用辅助喷管脱离云层。当然，这一计划要想成功，还需要电子制导领域出现重大突破。

——克拉夫特·阿诺德·埃里克（Krafft Arnold Ehricke），乔治·伽莫夫（George Gamow）

ABC　环球科学小词典

埃里克：火箭推进专家，“半人马”火箭的首席设计师，在宇宙飞船的发展过程中也起到过重要的作用。另外，埃里克还曾提出了移民月球的构想。

伽莫夫：20世纪最有影响的科学家之一，在众多的科学领域做出了开拓性的贡献。他早年在核物理研究中取得出色成绩，其后在宇宙学领域又倡导“大爆炸”理论。在生物学上，他曾提出“遗传密码”理论。伽莫夫还是一位杰出的科普作家，他的许多作品风靡全球，《物理世界奇遇记》是他的代表作。

1957年

7月　JULY

基本粒子

奇异理论提供了一种为奇异粒子分类的方法。该理论与4组粒子、3类反应的基本思想是一致的。目前，我们的理解程度仅限于门捷列夫（Mendeleyev）的水平——只知道元素的属性存在着某些规律（知其然）。而我们希望能够达到泡利（Pauli）的水平——他的不相容原理能阐明这些规律的原理（知其所以然）。此外，我们还希望达到量子力学创始者们的水平，进一步提高精确、详细预测原子体系的可能性。我们应该去了解粒子的运动法则，还要预测粒子发生碰撞时会发生怎样的相互作用，以及这种作用将如何导致粒子的偏转。

——默里·盖尔曼（Murray Gell-Mann），罗森鲍姆（Rosenbaum）

ABC　环球科学小词典

盖尔曼：1929年出生于美国纽约市，22岁时就在麻省理工学院获得博士学位；24岁时，他发现了基本粒子的一个新量子数——奇异数；28岁时，建立了正确描述弱相互

作用的V-A理论；32岁时，提出了强子分类的八正法（相当于介子和重子的门捷列夫周期表）；35岁时，创立了夸克模型。40岁时，也就是1969年，盖尔曼荣获诺贝尔物理学奖。

1958年

1月　JANUARY

不确定性

现代物理学的基石之一居然是不确定性原理，这听起来似乎是个悖论。把不确定性作为科学的准则之一，确实使许多20世纪的哲学家感到困扰。但事实证明，迄今为止，不确定性原理已为当今诸多重要的物理学问题做出了有力，也是最有效的回答。在过去10年中，不确定性原理的有效性一直是学者争论的焦点。无论是对这一理论理解颇深的作者，还是对此尚不理解的作者，都用了很大篇幅来论述自己的观点。直到今天，所谓的"量子力学的哥本哈根解释"仍未被动摇。我和其他很多理论物理学家持相同的观点，认为不确定性理论不可撼动。

——乔治·伽莫夫

ABC　环球科学小词典

哥本哈根解释：20世纪20年代，基于对量子效应的理解，以玻尔和海森堡为首的科学家提出了一种全新的观点。他们认为，在量子力学中，同时精确测量两个彼此相关的变量是不可能的，这并不是因为技术水平的限制，而是大自然本身的特性。换句话说，"上帝会掷骰子"。由于持这种观点的科学家很多都在哥本哈根工作过，比如玻尔、海森堡、波恩、泡利、狄拉克、克莱默、约尔当等，因此他们被称作哥本哈根学派，他们对量子理论的解释也被称作哥本哈根解释。

1958年

2月　FEBRUARY

原子裂变

1939年1月，我们发表了一篇关于"与过去所有核物理领域中的认识都不一致的实验"的报告。当时，由于一些实验还需要几个星期才能完成，因此在阐述实验时，我们非常谨慎，但这绝不意味着我们对实验结

果没有信心——实际上，结果已经得到强有力的证实。我们在“镭”的同位素的衰变产物中，发现了镧，但镧不可能由镭产生，这就说明镧的母元素并非镭，而是钡。作为化学家，我们必须持严谨的科研态度，在公布重大发现，特别是在物理相关领域的发现之前，要再三考虑。不过，我们的确提到了铀的裂变——在这一令人惊讶的过程中产生了钡，一种位于元素周期表下方的元素。

——奥托·哈恩（Otto Hahn）

ABC 环球科学小词典

哈恩：德国著名科学家，因为发现“重核裂变反应”，获1944年诺贝尔化学奖。

1958年

4月 APRIL

反物质

银河系中即便存在反物质，数量也不会超过正常物质的千万分之一。几乎可以肯定地说，银河系中不存在由反物质组成的恒星。但在银河系之外，宇宙中某个遥远的角落可能存在着完全由反物质构成的星系。这样的天体存在的最直接证据就是强烈的射电源。除了反物质的湮灭外，任何已知过程都很难解释射电源的能量。另一方面，就算宇宙中真的存在反物质，现阶段我们也无法弄清楚大部分反物质与物质是如何分离的。要弄清这个问题，我们需要彻底改变我们对宇宙问题的认识。

——杰弗里·伯比奇（Geoffrey Burbidge），弗雷德·霍伊尔（Fred Hoyle）

ABC 环球科学小词典

伯比奇：英国天体物理学家，主要研究活动星系和类星体，曾和霍伊尔等人研究恒星内部的元素合成过程。另外，他还估算出了射电星系的巨大能量。

霍伊尔：英国著名天文学家，曾提出过著名的稳恒态宇宙模型（即宇宙的性质在大尺度时空范围内稳恒不变）。1957年，霍伊尔和伯比奇夫妇、威廉·福勒（美国物理学家）一起提出了元素合成理论。但在1983年，福勒因此获得了诺贝尔物理学奖，霍伊尔却遗憾错过了这一至高荣誉（不少人认为这和霍伊尔与一些机构关系紧张有关）。

1958年

5月 MAY

地球磁场

关于地球磁场，最难说清楚的地方在于，到底是什么力量让磁场具有广泛的对称性。我们的设想是，磁场由自我封闭的环形电流产生。在这样的机制中，我们很难引入电池或其他任何外部动力源。但依据发电机理论，地球的自转可以作为一种驱动力，让封闭环形电流向同一方向流动。

——沃尔特·莫里斯·埃尔萨瑟（Walter Maurice Elsasser）



ABC 环球科学小词典

埃尔萨瑟：美国物理学家，曾从事有关地球磁场起源的研究。他在1939年提出，地球的自转使液态铁核产生了环形电流，因此地球不是一块普通的磁铁，而是一块电磁铁。

1958年

9月 SEPTEMBER

物理学的革新

我怀疑，我们对基本粒子的了解，与牛顿理论的追随者对量子力学的了解一样少。同他们一样，我们面临两项艰巨任务。一是研究和探讨现有理论的数学基础。无论现有的量子场论是对是错，其中蕴含的深奥的数学原理，需要欧拉和哈密顿（Hamilton）这样的天才去探索。二是在更广的范围里去研究现有理论尚未涉及的物理现象。这就意味着，我们要在目前大家所关注的粒子物理学领域进行实验。在物理学的诸多研

究领域中，仍徘徊在基本粒子理论之外的最引人瞩目的，就是万有引力和宇宙学。

——弗里曼·戴森（Freeman Dyson）

ABC　环球科学小词典

戴森：英国裔美国数学家和物理学家，普林斯顿高等研究院教授，他的研究为量子电动力学的建立做出了决定性贡献。戴森是从未获得过博士学位，却在著名高等学术机构任教的最著名代表。

1959年

1月　JANUARY

原子核

最近几年我们面临的真正难题，其实是原子核模型过多。虽然每种模型都能很好地解释原子核在某些情况下的状态，但在不同模型之间存在明显矛盾，而且这些模型也明显抵触我们对核力的理解。过去几年，科学家在原子核研究领域取得了巨大进展：不仅梳理了众多原子核模型，还解释了它们为何可以在各自的领域中被合理使用。至此，我们可以把各种原子核模型看作一个整体（尽管不同模型间还存在着明显矛盾），不同的模型可以从不同的角度来解释原子核的状态。

——鲁道夫·埃内斯特·派尔斯（Rudolf Ernest Peierls）

译者注：派尔斯，英国物理学家。

1959年

3月　MARCH

范艾伦辐射带

在我们这颗行星周围，环绕着一个（确切地说是两个）高能辐射区，向太空绵延达数千千米。对于宇航员来说，这不是一个好消息，因为他们飞过高能辐射区时必须想办法避开辐射，即便只是快速穿越。地球物理学家、天体物理学家、太阳天文学家和宇宙射线物理学家却被这一重大发现背后崭新的科学含义吸引住了。辐射区的构造以及区域内的高能辐射证明，地球周围存在宇宙射线和太阳粒子这些重要的物理现

象。不过，作为地球和太阳相互作用（主要表现为磁暴、气辉和美丽的极光）的“中间人”，辐射区这个巨大的带电粒子库到底扮演着什么角色还没有确切答案。

——詹姆斯·阿尔弗雷德·范艾伦（James Alfred Van Allen）

译者注：范艾伦，美国物理学家，因发现上文所述辐射带而闻名于世。

1959年

4月　APRIL

行星身份之争

经过对冥王星相对短暂的了解，天文学家开始怀疑它是不是一颗真正的行星。其他行星的椭圆轨道都在黄道面内，而冥王星的轨道却与黄道面形成了一个较大的夹角。即使处于太阳系中离地球最近的区域时，冥王星的亮度都不及海王星的卫星海卫一，这或许说明它的体积比海卫一还小。有人猜测，冥王星曾是海王星的一颗卫星，后来逃逸出去，就像最近发射的两颗人造卫星一样，开始沿着自己的轨道围绕太阳运转。

——欧文·金格里奇（Owen Gingerich）

译者注：金格里奇，哈佛大学天文学和科学史教授，他是将电子计算机用于天体物理研究的先驱。



最深的钻井

地壳是包裹地球的一层外壳，相对较薄，平均厚度约为10英里（约16千米），仅是地球半径的1/400。地壳下面是地幔，关于地幔的组成和特征的详细情况非常重要，但我们对此知之甚少。要想获取这方面的信息，只有进行直接探测。地壳和地幔之间是莫霍洛维奇不连续面，地质学家称之为莫霍面。如果要采集地幔样本，就必须钻出一口穿过莫霍面的深井——这就是莫霍钻探。

——威廉·巴斯科姆（William Bascom）

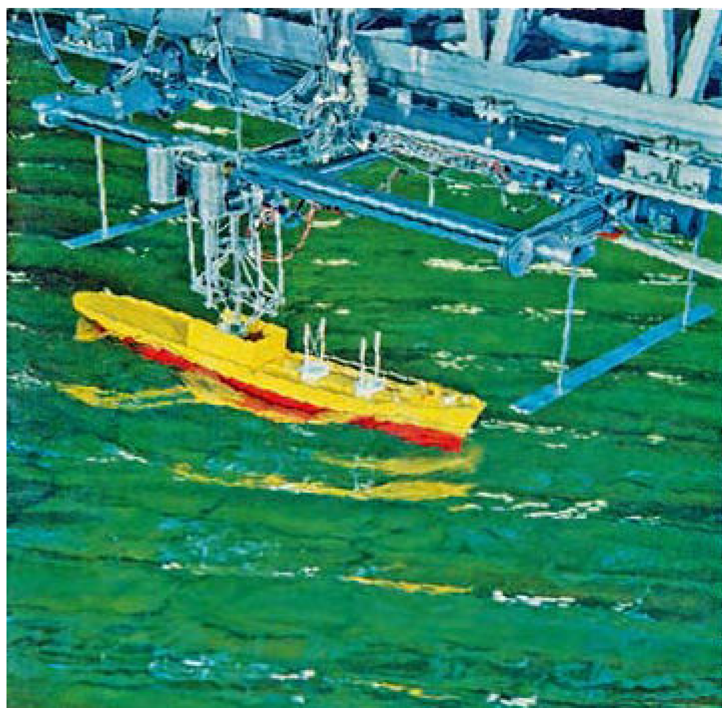
编者注：超深钻探项目于1966年提前终止。

1959年

8月　AUGUST

制造波浪

仅通过观察，你根本无法了解波浪的“行为方式”，因为这会让人昏昏欲睡。不信，你可以数100个波浪试试。只有深入研究海洋，并在大型实验水箱里进行波浪实验，才能回答波浪观察者提出的种种疑问。从研究中获得的新知识，已经让科学家有能力测量波浪的冲击力并预测波浪行为，这对生活和工作在海上或沿海地区的人们大有裨益。在美国新泽西州霍博肯的史蒂文斯理工学院，就有一个大型实验水箱，科学家可以在其中制造不规则的人造波浪，模拟深海中的各类海浪。下面照片中的轮船模型在波浪水箱中以自身动力前进，上端的设备能记录模型的运行情况。



5英尺（约1.5米）长的轮船模型在波浪水箱中接受测试（1959年）。

1959年

12月　DECEMBER

月球的另一面

当月球的另一面首次模糊地展现在人类面前时，关于这颗天然卫星的起源与历史的现有理论或许就需要修改了。苏联于10月3日发射了飞行器。大约3天后，飞行器穿过了月球轨道。此后不久，科学家从地球上发出无线电指令，遥控飞行器上的两台照相机拍摄月球表面。拍摄完毕，飞行器通过无线电波将照片信息发回地球。10月27日，其中的一幅照片在莫斯科公布，照片显示月球上存在很多大陨石坑，以及地貌奇特的山脉。

编者注：后经证实，这些放射状的“山脉”为从陨石坑抛出的物质，相当平坦。

1960年

2月　FEBRUARY

陨石尘

目前，地球物理学的研究范围已扩展到了地球周围的太空。这突出显示了一个事实：大气层保护着地球上的生物。如果我们头顶上没有那层大气，对验尸官来说，将会对死因为“陨石撞击”的死亡鉴定习以为常。过去13年里，我一直致力于对陨石坠尘进行直接测量。这些陨石尘和宇宙球粒样本来自远离工业文明的高山之巅和海底深渊。目前的数据显示，坠落地球的陨石物质总量（大约每年500万吨）比早期的估算多得多。而且，在过去的1,000万或1,500万年间，它们坠落的频率似乎也在变化。

——汉斯·彼得松（Hans Pettersson）



ABC　环球科学小词典

彼得松：瑞典海洋学家，1930年任瑞典哥德堡大学海洋学教授，1947～1948年任“信天翁号”海洋探险船船长，曾研究过海洋生物和地中海海底沉淀物，还设计出石英微量天平。

1960年

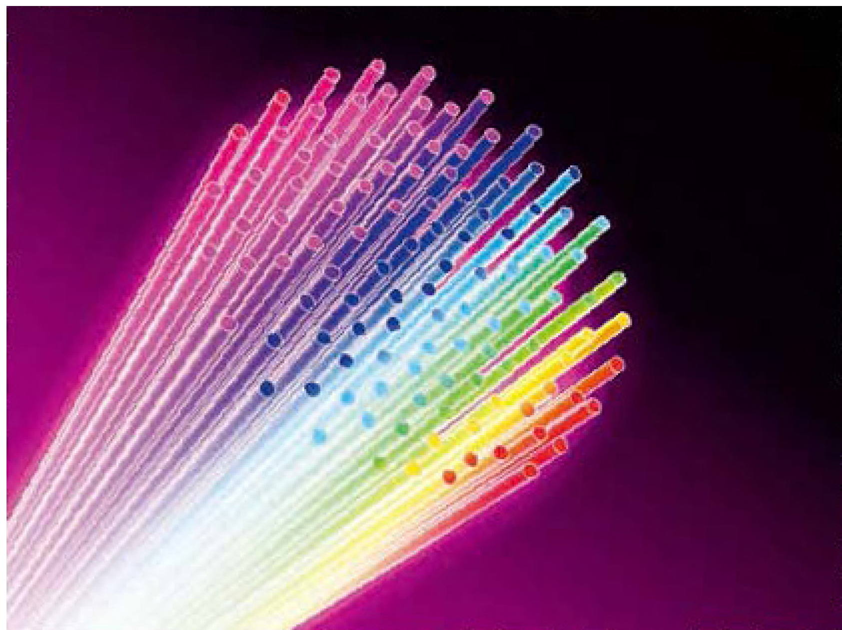
11月　NOVEMBER

光纤的崛起

最近，一种特殊类型的光导体已从没什么价值的小物件，转变成了重要的光学器材。它们由一束束非常纤细、柔韧的玻璃纤维制成，外面通常用其他类型的玻璃包裹。这些纤维束不但可以通过弯曲的路径传送光学图像，还能以多种有效方式转换图像。随着技术的进步，光纤必将更广泛地应用于不同的研究领域和工程领域。

——纳林德·辛格·卡帕尼（Narinder Singh Kapany）

译者注：卡帕尼，印度裔美籍物理学家。



1961年

2月　FEBRUARY

蛋白质结构

只有把大量蛋白质的结构都弄清楚之后，生物化学家才有可能解决许多一直困扰他们的基本问题。对于蛋白质结构问题，化学方法无法提供一个完美的解答。肽链中肽键的组成顺序只是蛋白质结构的一个层面而已。每条肽链都会折叠盘曲，形成一种三维结构。对于蛋白质分子的生物活性而言，这种结构的重要性绝不亚于氨基酸序列。化学方法只能在一定程度上解析蛋白质的三维结构（也叫三级结构）。过去几年，蛋白质的空间结构之谜在X射线下已被逐步揭开。

——威廉·霍华德·斯坦（William Howard Stein），斯坦福·摩尔（Stanford Moore）

编者注：因为对核糖核酸酶的研究，斯坦和摩尔获得了1972年诺贝尔化学奖。

1961年

3月　MARCH

气候怀疑论

很遗憾，在刚刚过去的这个冬天出现的严寒，可能并不是一个偶然现象。1880年至今的大多数年份里，变暖一直是全球气候的主要趋势，但这种趋势似乎已经终结。美国气象局的小默里·米切尔（Murray Mitchell, Jr.）报告说，自20世纪40年代初以来，南半球和北半球的年平均气温均下降了0.2℉（约0.1℃）。在很多地方，气候条件已变得和20世纪20年代一样。气温的下降减轻了人们对“温室效应”的担心。所谓“温室效应”，是指由于化石燃料使用量的增加，大气中二氧化碳的含量不断上升，地球表面可能会积聚越来越多的太阳能。但气候变冷的原因尚不明确。

编者注：20世纪40年代到50年代日间气温下降的原因是，工业污染产生的雾霾反射了阳光。

重力

一旦未来的实验能够证明反粒子的确具有负引力质量，等效原理将被推翻，这会对涉及引力的相对论从整体上造成致命打击。

在一个真正的引力场中，一个“反苹果”（antiapple）也许会向上“坠落”，但这在爱因斯坦的“加速飞船”中是无法实现的。如果能够实现，飞船外面的观察者会看到“反苹果”在没有任何外力的作用下，以两倍于飞船的加速度移动。因此，反重力一旦被发现，我们将不得不在牛顿的惯性定律和爱因斯坦的等效原理之间做出选择。笔者诚挚地希望这件事永远不要发生。

——乔治·伽莫夫

1961年

6月　JUNE

光量子放大器

所有传统光源实际上都是噪声生成器，除了能发出杂乱的信号，没有其他任何用处。直到去年，光量子放大器横空出世，才让我们得以首次对光波的生成进行精确调控。尽管光量子放大器还是一种新兴技术，但它已经可以产生出强度极高、方向性极好的光束了。这些光束都是单色的，色彩纯度远高于其他光源，而且作为单频率信号源，上乘的光量子放大器已经能和精度最高的电子振荡器相媲美。这种新仪器的发展非

常迅速，用不了多久就会在诸多领域一显身手。

——阿瑟·伦纳德·肖洛（Arthur Leonard Schawlow）

编者注：文中提到的技术就是今天所说的激光。因为在激光光谱学和高分辨率电子光谱研究上的杰出贡献，肖洛获得了1981年的诺贝尔物理学奖。

1961年

8月　AUGUST

聚合物及其生产

7年前，我们在米兰理工大学的实验室发现了“立体定向”催化过程，有了它，就能用丙烯这样简单的非对称碳氢化合物分子制造有规立构聚合物。去年美国新建了三座大型化工厂。今年年初，它们开始用我们的方法，及其他科学家发明的类似方法，大规模生产新型的有规立构聚丙烯聚合物。这个领域的进展十分迅速。仅在去年一年，我们的实验室就将立体定向聚合技术又向前推进了一步。这意味着用不了多少年，各种新型有规立构聚合物就将在实际应用中发挥重要作用。

——居里奥·纳塔（Giulio Natta）

编者注：纳塔是意大利化学家，在聚合反应催化剂研究上做出了很大贡献，与德国化学家卡尔·齐格勒共同获得1963年诺贝尔化学奖。文中提到的几种分子，目前都在塑料和橡胶的大规模商业生产中充当催化剂。

1961年

12月　DECEMBER

蛋白质结构

当时摆在我们眼前的是前人从未见过的东西：蛋白质分子的详细三维图像。这个有史以来第一幅蛋白质分子三维图像还只是个粗略的图像。两年之后，我们又像当初那样激动了一番。我们花了好几天时间将数据输入一台高速计算机，以便为同一个分子绘制出一幅更加精细的蛋白质三维图像。我们绘制的是肌红蛋白分子，图像清晰得可以推算出几乎所有2,600个原子的空间分布。

——约翰·考德里·肯德鲁（John Cowdery Kendrew）

编者注：肯德鲁因为对蛋白质分子结构的研究，在1962年获得诺贝尔化学奖。

1962年

3月　MARCH

正确的红移

最近，法国天文学家撰写的一篇论文，有望使物理学界的一桩持续40多年的悬案尘埃落定。通过一次空前精确的测量，他们发现，太阳光在引力场中的红移和广义相对论的预测几乎完全一样。这个预测来自爱因斯坦提出的等效原理，即加速运动的效应和引力场的效应没有区别。

1962年

5月　MAY

第一颗伽马射线卫星

过去近一年的时间里，我们用名叫“伽马射线”的超高能光子对宇宙投去了最微弱的一瞥。1961年4月27日，伽马射线“望远镜”由人造卫星“探索者十一号”（Explorer　XI）送上轨道，并在宇宙中捕捉到了不到100个高能光子。正是这些光子为我们带来了那匆匆的一瞥。在人类的历史上，大概还从来没有人为了从宇宙中提取信息，对数量如此微小的粒子进行过如此透彻的分析。目前，在位于麻省理工学院的实验室中我们的分析工作仍在进行中，而我们只准备讨论22个样本。

——威廉·莱斯特·克劳斯哈尔（William Lester Kraushaar），乔治·惠普尔·克拉克（George Whipple Clark）

1962年

6月　JUNE

磁力跃进

在发电领域，无论是对于磁流体动力装置，还是对于受控核聚变，超导磁体都是一个特别吸引人的研究课题。它在受控核聚变中的应用最引人关注，或许也将是最重要的。在核聚变成为现实之前，还有许多问题要解决。其中的一个，就是如何将炽热的离子化气体，即等离子体，

束缚在容器当中。由于等离子体的温度都高达上亿摄氏度，因此没法用任何物质盛放它。不过，磁场力却可以束缚它们。科学家目前想出的方案就包括用超导体来产生这样的磁场。

1963年

4月　APRIL

大陆漂移

1912年，阿尔弗雷德·韦格纳（Alfred Wegener）提出，各块大陆都是由一块超级大陆分裂而成的。他的想法一直没有被广泛接受，但是新的证据却显示，这个理论可能是正确的。目前在这个问题上人们的观点被分为明显的两派：一派认为，一直以来，地球都是刚性的，有着固定的大洲和大洋盆地；另一派则认为，地球稍具可塑性，各块大陆在它的表面缓慢漂移，并在这个过程中断裂、重组，也可能会发生扩张。目前，虽然第一派观点的拥护者更多，但是人们对大陆漂移的兴趣日渐浓厚。

光晶体管

在不久前，砷化镓晶体因为能制造出名为“激光器”的光放大装置而名声大噪，现在它又被用来制造与结型晶体管相似的光晶体管，以实现电信号的放大和转换。光晶体管的优势在于，光穿过基极的速度比电子快得多。传统晶体管如果要实现高速（或高频）操作，基极就必须做得非常薄，从而把信号的传输时间减到最少，但是薄的基极不易制作，成本也高。光晶体管则不必做得太薄。

1963年

6月　JUNE

地外行星

天文学家发现了一颗行星大小的“暗伴星”，它围绕一颗暗淡的恒星转动。该恒星位于蛇夫座，距地球约6光年。这个恒星系统的“太阳”是巴纳德星，主要因为它是天空中自行运动最大的恒星，此前就已为人所

知。新发现的行星比木星大50%，由它的发现者——美国斯沃思莫尔学院的彼得·范德坎普（Peter van de Kamp）命名为“巴纳德星B”。范德坎普指出，虽然巴纳德星及其伴星是已知的第三个除我们之外的“太阳系”，但伴星小到足以确定地归为行星的，这还是第一个。

1963年

7月 JULY

激光通信

对于科技界来说，最近最引人注目的一种装置是光量子放大器，也就是现在常说的激光器。保守估计，仅在美国，目前就有大概500个研究团队在开发利用激光器。这些研究工作，都是朝着一个大方向前进：把激光用于通信系统。一个通信频道所能携带的信息量，通常和它的频率成正比，因此从理论上说，在波长从4,000到7,000埃的可见光区，应该可以容纳8,000万个电视频道。

——阿瑟·伦纳德·肖洛

1963年

12月 DECEMBER

发现类星体

今年上半年，天文学家们发现，银河系中的5个原本被归为暗星且较不常见的天体，可能是有史以来通过望远镜观察到的最令人匪夷所思的天体。它们根本不是暗星，而是极强的射电噪声发射源。此外，从光输出的最新估测结果来看，它们也有可能是宇宙中最亮的天体。人们对这些不常见天体的认识，发生如此戏剧性的变化，要归功于射电天文学家和光学天文学家之间卓有成效的合作。射电天文学家提供了这5个射电源的精确定位数据，光学天文学家则将其与威尔逊山天文台和帕洛玛山天文台制作的照相底片上的类似恒星的天体进行比对识别。鉴于它们的体形较小，也没有其他更好的名称，便被称作类星射电源。

方兴未艾的生物学与医学

1956年

5月　MAY

大脑决定天性

遗传对生物行为的形成到底起了多大的作用？至少对于低等脊椎动物，许多视觉感知能力，如方向感、空间定位能力、运动感知能力等，都是植根于生物体内的，并不需要通过后天的学习来获得。15年前，由于理论基础的缺乏，我们无法对动物先天行为的机制给出满意的解释，而现在关于生物本能和行为特征遗传的所有观点都更能被人接受。每个动物来到世间都带着它们物种本身的遗传性行为。正如它的生理结构一样，它的许多行为也都是进化的产物。

——罗杰·沃尔科特·斯佩里（Roger Wolcott Sperry）

编者注：斯佩里于1981年获得诺贝尔生理学或医学奖。

1957年

2月　FEBRUARY

流感病毒

病毒颗粒的结构相对简单，也许有一天我们能全面了解它。对于正常的活细胞，我们了解得已经非常多了，但还远谈不上全面。细胞被病毒感染后，大大增加了问题的复杂性。当我们开始研究一个新现象，比如病毒增殖，生物学研究领域就会不断延伸，因为从其他研究中得到的有关细胞成分和功能的认识都已派不上用场。因此，目前对病毒感染细胞的任何描述，都显得过于简单，不能算是最终定论。准确地说，病毒不是通常意义上的独立生物体，而是某种生物模式。这种生物模式会通过相对不活跃的病毒颗粒从一个细胞转移到另一个细胞中。而在每次感染过程中，本身并不活跃的病毒颗粒都会在宿主细胞内获得新生。

——弗兰克·麦克法兰·伯内特爵士（Sir Frank Macfarlane Burnet）

ABC　环球科学小词典

伯内特：1899年生于澳大利亚维多利亚州，1928年在英国伦敦大学获得博士学位。1949年，伯内特提出“获得性免疫耐受性”的概念，引起了学术界的重视。1951年他被授封爵士爵位。1960年，因为创立了获得性免疫耐受性理论，伯内特与梅达沃分享了诺贝尔生理学或医学奖。



1957年

4月　APRIL

组织移植

我们发现，有一种方法可以抑制同种移植反应：在动物还处于幼年阶段时，就给它注射供体（提供器官的机体）细胞，其中尤以脾脏细胞最为方便。在成年小鼠身上注射这种细胞，会增强小鼠对来自供体的移植器官的抵抗力。但如果在小鼠胚胎，或者刚刚出生的小鼠身上注射这种脾脏细胞，就会出现完全相反的情况：尽管对其他小鼠的同种移植器官仍然具有排斥性，但它已不会排斥提供了脾脏细胞的供体的移植器官。

——彼得·布莱恩·梅达沃（Peter Brain Medawar）

ABC　环球科学小词典

梅达沃：毕业于牛津大学，先后任英国伯明翰大学教授、伦敦国立医学研究所所长等职务。他用小白鼠做皮肤移植实验，发现了“获得性免疫耐受性”现象。他因这项研究与伯内特共享了1960年的诺贝尔生理学或医学奖。

1957年

8月　AUGUST

小鼠的压力

在拥挤的生活环境里，镇静剂必不可少，至少对小鼠来说是这样。约翰斯·霍普金斯医学院的两名工作人员将一群小鼠关在一个小罐子里，只给一半的小鼠喂食眠尔通（很早以前的一种抗焦虑药物），而不给另一半喂食任何药物。半小时后，他们给所有的小鼠都注射了致命剂量的安非他明。实验结束时，未使用镇静剂的小鼠都死了，而使用过镇静剂的小鼠甚至连呼吸困难的症状都没有出现。



ABC　环球科学小词典

安非他明：一种兴奋剂，可以引起心跳加剧、呼吸加快、血压升高、体温升高、出汗等症状，使人精力格外充沛、食欲减退、难以入睡，可能还会使人感到焦虑、烦躁、惊恐不安。经常使用会产生强烈的心理依赖，大量使用可致死。

1957年

9月　SEPTEMBER

DNA复制

脱氧核糖核酸（DNA）是遗传物质，这已成定论。我们现在面临的问题是，DNA如何进行自我复制。在以前的文章中，我曾提出，DNA双

螺旋结构也许能帮助我们找到答案。这一设想的基本原理如下：DNA的两条链完美地匹配在一起，就像一只手戴着合适的手套，如果用某种方法将它们分开，原来的手就成为制造新手套的模板，而原来的手套则是制造新手的模板。这样，一只戴着手套的手，就变成了两只戴着手套的手。从化学角度讲，我们可以推测，细胞内的单链可以按照碱基互补配对原则与模板链排列在一起。

——弗朗西斯·克里克（Francis Crick）



ABC 环球科学小词典

克里克：英国著名生物学家。1953年4月，克里克和沃森公布了他们的重大发现——DNA双螺旋结构。这一发现为现代生物学奠定了坚实的基础。1962年，克里克、沃森以及另一位科学家威尔金斯共同分享了当年的诺贝尔生理学或医学奖。

碱基互补配对原则：在DNA分子结构中，碱基配对必须遵循一定的规律：腺嘌呤（A）一定与胸腺嘧啶（T）配对，鸟嘌呤（G）一定与胞嘧啶（C）配对，反之亦然。

1958年

8月 AUGUST

铍元素

在医学史上，铍中毒是最吸引人、最矛盾、最让人头疼且最具争议的问题之一。直到现在，仍有医学界人士坚持认为铍不会致病。然而，来自临床调查、生物化学和毒理学研究的证据，却让我们不得不面对这样的事实：过去20年里，仅在美国，铍就导致了至少500例中毒事件。由于科学技术的迅猛发展，昔日的稀有金属如今已成为广泛使用的生产原料，而铍中毒事件使现代社会中的职业病问题更为突出。



1958年

9月　SEPTEMBER

生物适应

每当一个生物体出现新突变，或是其生活条件发生根本性变化时，生物学家常会感到茫然，无法判断该生物体的前景。他们只能等待和观察。例如，已从地球上消失的长毛猛犸是一种令人赞叹的动物——它们极其聪明、皮毛厚实。既然这种动物已经灭绝，科学家们就想尝试解开它们的消失之谜。我估计没有一个生物学家能够做出长毛猛犸会灭绝的预言。从本质上来说，适应和生存是对过去行为的评估。

——乔治·沃尔德（George Wald）

ABC　环球科学小词典

沃尔德：美国生物学家，因对视网膜色素的研究而获得了1967年的诺贝尔生理学或医学奖。

1958年

12月　DECEMBER

行为的进化

就像一具远古动物的骸骨，可以反映今天所有哺乳动物的结构和形体特征，那么在各种个体行为的背后，是否也存在某种可以传承的行为

模式，能够反映某个种、属或者更大类群的行为特征？答案是肯定的。让我们来看看下面的例子——它虽然看起来微不足道，但确实有助于回答这个问题。狗给嘴巴挠痒或鸟整理头部羽毛时，它们的动作非常相似。任何观察过狗和鸟的人都能发现这一点。有时，鸟也会用后肢（即爪子）挠痒——放低翅膀，把爪子伸到肩膀前面给头挠痒。也许有人会想，鸟其实根本不用放低翅膀，只要收起翅膀，爪子就可以碰到头了。鸟类为什么会做这种笨拙的挠痒动作？我能给出的唯一解释是，这是一种与生俱来的行为模式。

——康拉德·扎卡赖亚斯·洛伦茨（Konrad Zacharias Lorenz）

ABC 环球科学小词典

洛伦茨：奥地利比较心理学家、动物习性学创始人。1973年，因为对动物行为模式的研究，而与奥地利科学家卡尔·冯·弗里施和英国科学家尼古拉斯·廷伯根共享诺贝尔生理学或医学奖。



1959年

3月　MARCH

蛾类的进化

几十年前，为了适应周围环境，某些蛾类体色很浅。这样的体色与浅色树干及被地衣覆盖的岩石的背景色很相似，这样在白天它们就可以长时间栖息在树干和岩石上面而不被捕食者发觉。但如今在很多地方，这些蛾子大部分已变成黑色！从18世纪后期的工业革命开始到现在，地球上的大部分区域已被肉眼难以觉察的烟尘所污染。一旦某种蛾子（如桦尺蛾）因生存环境发生变化而无法在白天隐藏自己时，它们就必须产生突变以适应新环境，否则就会被捕食者“赶尽杀绝”。

——哈里·伯纳德·戴维斯·凯特威尔（Henry Bernard Davis Kettlewell）

译者注：凯特威尔，英国生物学家，主要研究工业革命对蛾类自然选择的影响。



1959年

5月　MAY

光的颜色

研究色觉的学生，都会对眼睛那敏锐的辨别力惊叹不已。凭借这样的能力，眼睛可以对各种刺激做出反应。最近，我和同事发现，眼睛的识别机制远比我们想象的更加奇妙。眼睛能分辨极其细微的差异。它每天都能接收到海量信息，但只会使用其中一部分——从一大堆原本单调而无色的信息来源中，挑选出有用信息，打造一个五彩世界。

——埃德温·兰德（Edwin Land）

编者注：兰德，宝丽来公司创始人。

1959年

6月　JUNE

自我复制

在大多数人看来，制造能够自我复制的机器是不可能的。人们把这类机器归入永动机的范畴。但我和罗杰·彭罗斯（Roger　Penrose）提出了一种全新的方法，在预制单元不局限于轮子、光电池这类物品的情况下解决这个问题。我们的想法是设计（如果可能的话，还要制造）一些简单的、有此特性的单元或零件，用于生产能够自我复制的机器。

——莱昂内尔·沙普尔斯·彭罗斯（Lionel Sharples Penrose）

ABC　环球科学小词典

彭罗斯：英国人类遗传学家。他的儿子罗杰·彭罗斯是英国物理学家，曾发表《引力坍塌和时空奇点》等一系列著名论文，并与另一位英国物理学家斯蒂芬·霍金一起创立了现代宇宙论的数学结构理论。

1959年

7月　JULY

生物碱

很早以前，人们就开始用生物碱（比如吗啡与咖啡因）制造药品、毒剂以及致幻类药物。在以自我为中心的世界观引导下，我们一直认为，对于能够合成生物碱的植物，这类化学物质起着相对重要的作用。而令人惊讶的是，对大部分植物而言，生物碱其实并没有什么重要功能。大体上，它只是植物的组织在新陈代谢过程中的副产品。

1959年

9月　SEPTEMBER

辐射

人们应该如何看待电离辐射？在可预期的未来，电离辐射将一直伴随人类。由于自然选择的作用，人类基因体系已适应了正常的背景辐射。但额外的辐射仍会增加突变概率，而大部分突变都是有害的。不仅大剂量的辐射会增加恶性肿瘤的患病率，小剂量辐射也可能导致同样的结果。考虑到这些潜在的危害，我们必须采取合理措施，把电离辐射水平降至最低，达到人体能承受的程度。人们应该认识到，核武器试验释放的放射性沉降物，会使全球的辐射量小幅增加。因此，核试验应该立即停止。

——乔治·威尔斯·比德尔（George Wells Beadle）

ABC 环球科学小词典

比德尔：美国遗传学家。1958年，他和合作者爱德华·塔特姆因为揭示基因的基本功能，提出“一个基因一种酶”的假说而获得诺贝尔生理学或医学奖。

1959年

10月 OCTOBER

肾移植

同卵双胞胎间的肾移植表明，只要没有免疫屏障就能进行肾移植，治愈以往无法治愈的肾脏和血管类疾病。我们把一个健康人的肾移植给他患有严重尿毒症的兄弟。虽然他俩并非同卵双胞胎，但我们希望他们的血缘关系可以提高免疫相容性。接受器官移植后，患者都要接受大剂量X射线照射，以大幅削弱网状内皮组织的功能。网状内皮系统恢复功能的过程中，也许会“被迫”适应新抗原和移植的肾脏。现在对这次移植手术做出全面评估还为时过早，但初步看来，手术还算成功。

——约翰·帕特南·梅里尔（John Putnam Merrill）

译者注：梅里尔，肾脏病学创始人。

1959年

11月 NOVEMBER

神经发育

对于面部神经受损后进行神经再生的病人，医生不再鼓励他们通过训练重获对面部表情的控制力，而是建议他们抑制所有表情，以做到面无表情，这样能使两侧的面部表情更为协调。在身体其他部位神经受损的病例中，原有的恢复身体协调性的方法同样受到了质疑。上述治疗理念的转变反映了人们对整个神经系统认识的改变。根据新的认识，协调身体各部位所需的神经系统在胚胎发育期间就已经出现。

——罗杰·沃尔科特·斯佩里（Roger Wolcott Sperry）

ABC 环球科学小词典

斯佩里：美国著名神经生理学家，出生于康涅狄格州。由于对大脑半球研究的贡献，他获得了1981年的诺贝尔生理学或医学奖。

第一个工具制作者

在非洲坦噶尼喀的奥杜瓦伊峡谷，路易斯·西摩·巴泽特·利基（Louis Seymour Bazett Leakey）发现了一个几乎完整的头骨，这一发现也许“能把南非猿人（南方古猿和傍人）和我们所知的真正人类联系起来”。利基认为，该头骨的年代介于60万～100万年前。如果在美国加利福尼亚大学即将进行的放射性年代检测能证实他的推测，那么这个头骨的“主人”就是目前所知的最古老的工具制造者。这是一个18岁左右的猿人的头骨，和一些奥杜威原始石器文化的遗存一同被发现。据利基讲，该头骨在某些方面（大牙齿和上腭）比南方古猿更原始，但在其他方面更接近于智人。

译者注：该头骨化石最终定名为鲍氏傍人。

1959年

12月 DECEMBER

人体脂肪

很多作者会将暴饮暴食等同于体重增长，而不去解释为什么。然而，要认识肥胖，就必须弄清楚体重增长的机制。最近的研究表明，脂肪组织的功能不仅是储藏多余食物，还会积极参与人体新陈代谢。即便一个人的体重没怎么变化，饮食中相当一部分糖和淀粉也会转化成脂肪。通过根据功能细胞的需求调节脂肪酸的释放量，脂肪组织可以控制

能量消耗。此外，脂肪组织还会对激素做出反应，将自身功能融入相互协调的人体工作网络中。由于脂肪组织的这些生理机制都会受到肥胖的影响，把暴饮暴食看作肥胖的唯一原因似乎并不准确。

——文森特·多尔（Vincent Dole）

ABC 环球科学小词典

多尔：美国生物学家，他对肾脏、高血压和肥胖患者代谢紊乱的研究，为科学家研究成瘾机制和相关药物奠定了坚实基础。

1960年

4月 APRIL

辐射剂量

对破坏哺乳动物细胞增殖功能所需的平均致死剂量的最新测定，也许可以解释整个机体的平均致死剂量为何仅有400～500伦琴（1伦琴＝2.58×10^{-4}库仑／千克）。在这种辐射剂量下，动物体内仅有0.5%的细胞还能增殖。不过，细胞不会立即死亡。每个细胞吸收的辐射能量都极其微小。尽管染色体受到较严重的破坏，但总的来说，细胞内的各种酶仍然具有活性。这些细胞在开始增殖之前，仍会继续发挥其正常的生理功能。但在接下来的一两次分裂中，细胞增殖将以失败告终。

——西奥多·特德·帕克（Theodore Ted Puck）

ABC 环球科学小词典

帕克：美国著名遗传学家。他是最早研究体细胞遗传学和单细胞增殖的科学家之一，这些研究为现代遗传学奠定了基础。

1960年

7月 JULY

婴儿死亡率

根据美国人口统计局的森山岩（Iwao Moriyama）的一项研究，经过长时间的急剧下降后，美国婴儿的死亡率在过去几年趋向平稳。1956年，婴儿死亡率创下了最低纪录：每1,000个新生婴儿中，有26个死

亡。此后，某些州的婴儿死亡率还略有上涨。在一岁以下的婴儿中，死亡率下降大部分是由于传染病得到控制，这些传染病主要是流感和肺炎。1946年，青霉素成为大众药品后，传染病致死率下降了30%左右。然而，在一个月到一岁大的婴儿中，约有半数的死亡仍是由传染病导致的。更小婴儿的死亡率则反映出，大量死亡都是由先天畸形、产伤、产后缺氧及早产等非传染病因素所致。

1960年

9月　SEPTEMBER

人类的进化

突变、有性重组和自然选择导致了智人的出现。智人之前的人属成员其实已经初步具备制造工具、使用工具和传播文化的能力，但接下来的进化却发生了极大的飞跃，产生了一种与之前的人属成员不同的物种——智人。于是，地球上就出现了这样一种生物：它们掌握了技术，知道如何用符号交流，由此创造出了一种超有机体文化（supraorganic culture）。其他生物都得根据周围环境改变基因，然后才能适应环境。人类，也只有人类，能通过改造环境来适应自己的基因。他们的基因使他们能够发明新工具，改变自己的观点、目标和行为，获取新的知识和智慧。

——西奥多修斯·杜布赞斯基（Theodosius Dobzhansky）

ABC　环球科学小词典

杜布赞斯基：美国遗传学家，他在建立进化遗传学上做出了重要贡献。在《遗传及物种起源》一书中，他将达尔文的进化论和孟德尔的遗传变异理论进行了结合。后来，杜布赞斯基的进化理论被称为综合进化论。

超有机体：一个由许多有机体组成的有机体系，通常由社会性动物构成。在这个体系中，社会分工高度专业化，个体无法独自长时间地生存。蚂蚁就是一个典型的超有机体实例。

1960年

10月　OCTOBER

疫苗争议

尽管还会受到一定的限制，但从明年春天开始，美国辛辛那提大学艾伯特·布鲁斯·萨宾（Albert Bruce Sabin）发明的脊髓灰质炎疫苗将成为美国的常规疫苗。每家具有疫苗生产资质的制药公司，都将获得商业化生产这类疫苗的许可证。在此之前，萨宾疫苗曾引发了一场长达10年的激烈论战，论战双方分别是活病毒疫苗的支持者和灭活的索尔克疫苗的支持者。前者认为，比起灭活疫苗，活病毒疫苗中含有为了消除瘫痪风险而将毒性减弱的脊髓灰质炎活病毒，能使人体对麻痹型脊髓灰质炎产生更强更持久的抵抗力。而且，活病毒疫苗接种更简单，可以直接口服，而索尔克疫苗必须以注射的方式接种。

编者注：在随后40年里，萨宾疫苗一直是美国的常规疫苗。但从2000年起，一种经过改良的索尔克疫苗成为美国使用的唯一一种脊髓灰质炎疫苗。



1960年

12月　DECEMBER

进化与行为

海鸥是群居动物，它们一年到头都聚在一起觅食，在繁殖季节又会一起筑巢。没有任何外界力量迫使海鸥采取这种行为模式。它们聚集在一起生活，是因为彼此回应。海鸥的群居以及经常性的合作行为是通过

交流实现的。群体中的每个成员通过展示自己独特的叫声、姿势、动作和颜色，引起其他种群成员做出恰当反应。既然在这些关系紧密的海鸥中，特征上的差异并非由环境导致，而是与生俱来的，这就清楚地说明，它们的现存差异必然是因为进化趋异而出现的。

——尼古拉斯·廷伯根（Nikolaas Tinbergen）

编者注：廷伯根因对动物社会行为的研究而获得1973年诺贝尔生理学或医学奖。

1961年

1月　JANUARY

免疫机制

尽管免疫接种的实际问题已经解决，但免疫学仍是医学的一个重要分支。然而，如何更有效地使人们对白喉或骨髓灰质炎产生免疫力，已不再是免疫学家关注的重点。他们现在关注的是，当人们获得免疫力后会发生什么。免疫学家提出的问题比过去更加复杂。例如：为什么外科医生能把人体某一部位的皮肤或组织移植到另一个部位，却无法将这些皮肤或组织移植到另一个人身上，除非两者是同卵双胞胎？对于诸如此类的复杂问题，现代的免疫学理论至少应该给出一些暂时性答案。

——弗兰克·麦克法兰·伯内特爵士

1961年

6月　JUNE

病毒基因

就在几年前，科学家都还毫不迟疑地把病毒遗传学和细胞遗传学看作泾渭分明的两个研究领域。现在我们已经明白，病毒遗传学和非病毒遗传学之间的界限是很难划定的，甚至连这一界限存在的意义都值得怀疑。实际上，在细菌的“正常”遗传结构和典型细菌病毒的遗传结构之间，似乎还存在着各式各样的过渡类型。我们实验室的几个新近发现表明，以前认为是互不相干的现象，在深层次上可能是一回事。

——弗朗索瓦·雅各布（Franc,ois Jacob），安德烈·利沃夫（André Lwoff），雅克·莫诺（Jacques Monod）

译者注：莫诺、雅各布和利沃夫三人一起发现了蛋白质在转录过程中所扮演的调节角色，也就是后来著名的乳糖操纵子，因而共享了1965年诺贝尔生理学或医学奖。

1961年

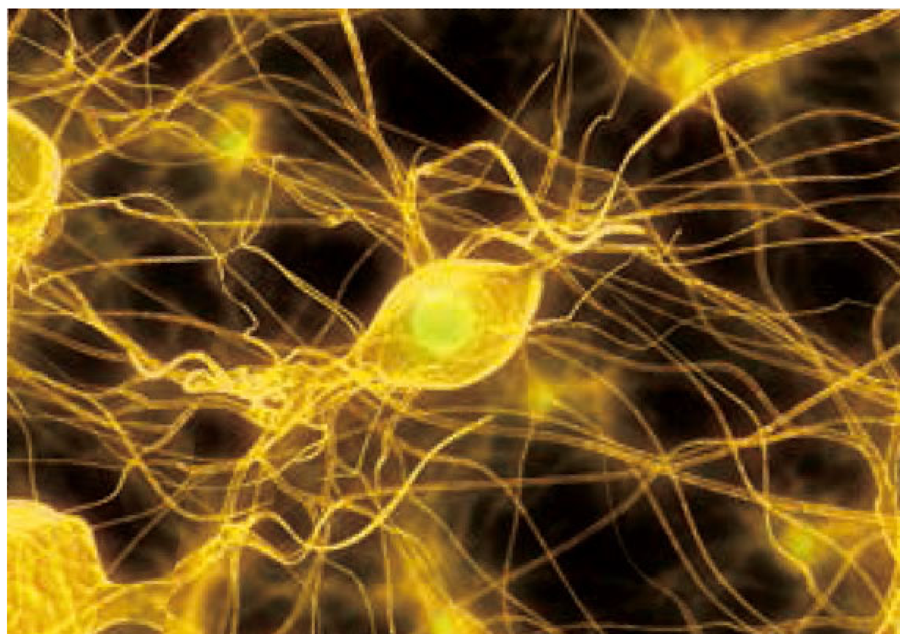
9月　SEPTEMBER

神经细胞的“对话”

迄今为止，我们对神经抑制的确切机制仍然不清楚，尽管这广泛存在于神经系统内，而且是最奇特的神经活动模式之一。神经抑制是指，一个神经脉冲对相邻的神经细胞起阻碍作用，防止可能会在同一时间，通过其他通道传来的兴奋信号激活该神经细胞。这种沿着抑制性轴突传播的神经脉冲，与兴奋性轴突上的神经电信号是无法区分的，不过两种神经信号在轴突上引发的物理化学反应肯定会有所不同。

——伯纳德·卡茨（Bernard Katz）

编者注：卡茨获得了1970年诺贝尔生理学或医学奖。



1962年

7月　JULY

假想核战

1962年5月31日的《新英格兰医学杂志》（*The New England Journal of Medicine*）详细论述了在假想的核战中，2,000万吨级的核弹落在波士顿会造成什么后果：“传染病的传播媒介在核爆中受到的打击或许不像人类那么大。在这种情况下，东方马脑炎、肝炎、脊髓灰质炎等地方性疾病会轻易传播开来。”届时，死者遗体的及时处理对于流行病及其传播媒介，如苍蝇和啮齿类动物的控制，都是不可或缺的；对人们心理造成的影响虽然不那么明显，但同样重要。几位作者引用了民防动员办公室的一项研究，并一致认为“必须在摧毁后的城市开展疾病防治工作，进行隔离检疫”。

鲨鱼来袭

最近几项实验获得的数据，或许可以给那些在大洋中游泳、裸潜、乘坐小船航海，以及敢于在大海中冒险的人提个醒：迄今为止，我们还没有绝对可靠的办法，在开放水域防范鲨鱼。人们一直认为鲨鱼有高超的本领，往往能在很远的地方锁定猎物。研究人员因此把目光集中在了鲨鱼的感觉器官上（见下图），想确定这些感官是如何指导捕食行为的。

——佩里·吉尔伯特（Perry Gilbert）



康奈尔大学的佩里·吉尔伯特博士正在查看一头麻醉的灰鲭鲨的眼睛（麻药的效果将在

20分钟后开始消退）（1962年）。

1962年

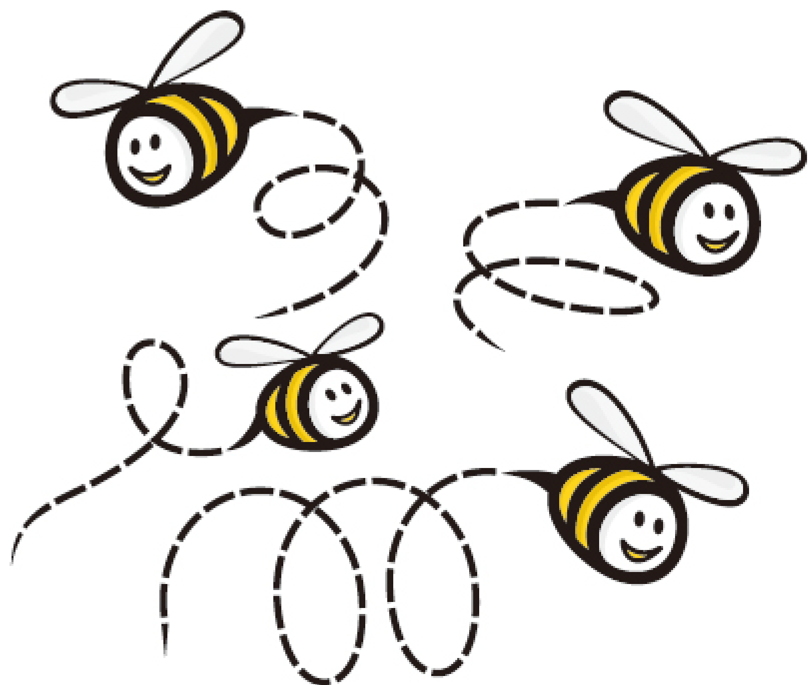
8月　AUGUST

蜜蜂的语言

过去近20年里，我和同事一直在研究自然演化出的最奇妙的通信系统之一：蜜蜂的“语言”。这种语言其实是一套舞蹈动作，采集蜂用这套动作，将同伴精确引导至食物源。研究之初，我们致力于寻找这些昆虫相互沟通的手段；找到之后，就要尝试解读。我们后来发现，不同种类的蜜蜂在舞蹈时都遵循相同的基本模式，只是具体动作略有不同；可以说，它们是在讲不同的“方言”。有了这一发现，我们开始观察其他物种的舞蹈动作，希望能够揭示出这种异常复杂的行为是如何演化出来的。

——卡尔·冯·弗里施（Karl von Frisch）

编者注：弗里施获得了1973年诺贝尔生理学或医学奖。



1962年

9月　SEPTEMBER

南极动物

长期以来人们都认为，在南极大陆宽广冰架下的大面积水域——比如罗斯海和威德尔海——没有生物存在。但最近人们开始怀疑这个说法：在这些水域发现了以槽背鱼为主的大型鱼类和海底无脊椎动物。这些生物有的被冻在海底，有的在位于麦克默多湾的美国南极站附近现身。在那里，它们被冰冻在寒风呼啸的罗斯冰架上，位置远高出海平面。这些出现在100英尺（约30.5米）厚的冰架顶部的生物残骸，显然是在冰架接触海床时被冻在冰架底部的。初步的碳14测定结果显示，这些标本从冰架底部上升到顶部，需要大约1,100年。



1962年

10月　OCTOBER

克里克论遗传密码

核酸基本组成单位是4种核苷酸，它们组合在一起，形成一条多核苷酸链。在这条主链上，还连接着4种名为“碱基”的化学基团。碱基是按一定间隔排列的，但排列顺序多种多样。我们认为，正是这些特定的

排列顺序携带着遗传信息。这样一来，遗传密码的问题，就可以更准确地转述为另一个问题，那就是核酸中4种碱基的序列如何决定了蛋白质中20种氨基酸的序列。

——弗朗西斯·克里克

1963年

5月　MAY

化学通信

其他星球可能存在一些文明社会，社会成员以或闻或尝的方式，通过化学物质进行交流。虽然这看起来不太现实，但并不能排除理论上的可能性。要设计出一个能够大量、高效地传播信息的化学通信系统，至少在理论上并不困难。在我们看来，这样一个通信系统当然很奇怪，因为我们的观念受到了我们独特的听觉和视觉结构的局限。这种观念的局限甚至在研究动物行为的学者当中也有体现：他们更喜欢那些交流方式和我们相似，因而更容易分析的动物。但有一点是越来越清楚了，那就是化学系统才是许多动物，或许还是大多数动物交流的主要方式。

——爱德华·奥斯本·威尔逊（Edward Osborne Wilson）

译者注：威尔逊，美国生物学家，社会生物学奠基人。

1963年

10月　OCTOBER

高血压的根源

哈佛大学公共卫生学院的诺曼·斯科奇（Norman Scotch）对南非祖鲁人的高血压问题进行了研究，结果发现，在祖鲁人中，城市居民比农村居民患高血压的概率大得多。起初，斯科奇将这种差异归结为城市中更大、更多样的压力。城市中，南非种族隔离制度使得由城市生活及部落解体带来的可预期的压力变得十分复杂。但总体而言，斯科奇认为城市化本身未必是压力之源。他说：“症结不在变化，而是对变化适应与否。”他还指出，那些“遵从传统文化，并因此跟不上城市生活节奏的人”是最容易患高血压的。

1963年

11月　NOVEMBER

脑中的景象

神经系统的大部分结构都太过复杂，难以弄清它们的功能。解决这个难题的一种方法是在麻醉的动物体内安装微电极，并记录它们的神经脉冲：首先记下从神经纤维到某个神经元的脉冲，再记下神经元向神经纤维发出的脉冲。通过比较负责传入和传出神经脉冲的神经纤维，就可以基本了解这个神经元的作用。将这种方法应用到和视觉有关的各个大脑部位上，就有望了解整个视觉系统的运作原理。这就是威泽尔（Wiesel）和我所采用的方法；我们主要研究的是猫的视觉系统。

——戴维·亨特·休布尔（David Hunter Hubel）

编者注：休布尔因为上述研究和威泽尔共享了1981年的诺贝尔生理学或医学奖。

核阴影笼罩下的人与社会

1956年

3月　MARCH

地球巨变

伊曼纽尔·韦利科夫斯基（Immanuel　Velikovsky）的地球历史非传统新解释系列的第三部已经出版。浏览几页后你就会发现，它和前两部一样，完全是废话连篇。在1950年，该系列的第一部——《碰撞中的世界》（*Worlds in Collision*）出版之后，群情高涨：科学家称，伊曼纽尔·韦利科夫斯基疯了；出版商说，科学家们太狭隘了；伊曼纽尔·韦利科夫斯基暗示自己是一个殉道的天才；普通大众则完全被搞糊涂了。但是，一场科学的辩论是科学家与科学家之间的辩论，而不是科学家为了书籍护封上的大肆吹捧与社论主笔、文学评论家和广告文案撰写人的辩论。

ABC　环球科学小词典

韦利科夫斯基事件：科学史上的重要争论。1950年，韦利科夫斯基出版了他的《碰撞中的世界》一书，提出天体碰撞引起的全球灾变促成了古代人类的信仰。这一说法在科学界引起了极大的争议，其中，最有代表性的意见来自哈里森·布朗。《科学美国人》杂志在1956年连续登载了哈里森·布朗批判韦利科夫斯基的一系列文章，并拒绝为韦利科夫斯基的书刊登广告。

1956年

11月　NOVEMBER

“竞赛”研究

我们在研究中提出的假设是：两个团队的目标彼此冲突时，也就是说，当一组的目标必须通过击败另一组来实现时，即便团队的每一个成员平时都有良好的自我调节能力，两队成员之间也会彼此敌视。为了引起冲突，我们安排了棒球、橄榄球、拔河以及寻宝游戏等比赛。双方队员在比赛初期展现出良好的体育精神。但随着比赛的进行，良好的氛围

迅速消失。队员们逐渐称对手为“臭蛋”、“小贼”和“骗子”。彼此敌视的两个团队开始制作威胁海报，制定突袭计划，将青苹果秘密储藏起来用作“弹药”。

——穆扎费尔·谢里夫（Muzafer Sherif）

ABC 环球科学小词典

谢里夫：社会心理学的创始人之一。他在群体行为方面的研究成果，在今天仍然具有参考价值。这里描述的是谢里夫在上世纪50年代进行的一项实验。当时他把一群小孩分为两组，分组后的小孩相互之间产生了敌对情绪，甚至发生了冲突。

1956年

12月 DECEMBER

折纸游戏

数学从游戏中获益颇多，游戏中也往往蕴含着数学。折纸是一个迷人的小游戏，道具只是一些纸条。但就是这样一个小游戏，却让许多绝顶聪明的人物沉迷其中。这一游戏是美国普林斯顿大学数学系的一个英国学生在闲暇时发明的。游戏的灵感来自于一个琐碎的生活细节——英美笔记本的纸张大小不一。

——马丁·加德纳（Martin Gardner）

ABC 环球科学小词典

加德纳：美国著名的数学科普作家。1936年，他毕业于芝加哥大学哲学系。1957年，加德纳在《科学美国人》杂志上开设了一个数学游戏专栏，这个专栏一直延续了1/4个世纪，直到1981年才宣告结束。正是这个专栏奠定了加德纳在趣味数学领域的地位。本文是加德纳为《科学美国人》所撰写的第一篇文章。

折纸游戏：折纸的对象是一个正方形的纸张，游戏者用这张纸来折一个三维物体。如果折出了新的东西，那么游戏者就把这个立体摊开并研究留在正方形纸上的折痕。这个过程包含了维数的变动，一个二维物体到三维物体，又回到二维，留在正方形的纸张上的折痕揭示出大量几何的对象和性质：相似、轴对称、心对称、全等、相似形、比例，以及类似于几何分形结构的迭代。

1957年

1月 JANUARY

厌倦

在这个半自动化的时代，不仅是军事人员，就连工厂里工人的工作也变得单调而乏味——只是长时间地盯着仪器。在这样枯燥的工作环境中，人类行为的问题变得越发尖锐。1951年，加拿大麦吉尔大学的心理学家唐纳德·奥尔丁·赫布（Donald Olding Hebb）获得了加拿大国防研究部的资助，开始系统地研究这一问题。研究结果显示，长期在单调的环境中工作，会产生恶劣的后果：思维能力受损，情绪反应幼稚，视觉认知受扰，甚至产生幻觉，脑电波的波形亦会发生改变。

1957年

3月 MARCH

儿童和物理学

1928年的一天，当我向爱因斯坦展示一些有关因果关系的试验时，他向我提出了这样一些问题：小孩子是怎样理解速度的？他们能明白距离与时间之间的函数关系吗？孩子对速度的理解是不是更简单，也更直观呢？在那之后，我做了一个简单的试验，结果显示，孩子并不是根据距离与时间的关系来理解速度的。试验时，我们在孩子面前摆放了两条长短明显不同的轨道，上面各放一个玩具娃娃，再用金属棒推动玩具娃娃向前滑动，让它们同时到达轨道尽头。然后向孩子提问：

“是不是一条轨道长，一条轨道短？”

“是的，那条长。”

“两个玩具娃娃在轨道上的速度是一样快，还是一个比另一个快？”

“一样快。”

“为什么？”

“因为它们同时到达终点。”

——让·皮亚杰（Jean Piaget）

1957年

5月 MAY

机器劳工

“自动化”是媒体新创的一个名词，然而按照英国工业技术领域的权威专家霍尔斯伯里伯爵（Earl of Halsbury）的说法，由于媒体的误导，这个词成为了“恐慌的根源”。人们普遍认为，工业自动化进程“会导致大范围的失业”。霍尔斯伯里伯爵试图改变人们的这种看法。他在英国《冲击报》（*Impact*）上撰文指出，机械的操作和维护都需要训练有素的专业人员。因自动化而受到影响的，主要是没有任何技能的工人，但这部分人本来就经常更换工作。其实，霍尔斯伯里伯爵担心的是自动化影响不到的阶层，比如煤矿工人、搬运工和其他一些从事重体力劳动的人，他们为社会辛勤工作而社会却不知道该如何减轻他们的负担。

1957年

8月　AUGUST

道路数据

今天，机动车事故和流行病一样，已成为大规模调研的对象。美国陆军部、美国医学会和其他一些重要机构，调查了公路收费站的设计、卡车司机的个人品行等可能导致车祸的多个因素。调查取得的重要发现包括：镇静类药物会导致司机反应迟钝；宿醉的不良反应会持续18小时——在此期间，事故隐患一直存在，即便喝咖啡提神也无济于事。

1957年

9月　SEPTEMBER

帕格沃什会议

1957年7月，在加拿大新斯科舍省的帕格沃什村，来自美国、苏联、中国、日本等10个国家的22位科学家，花费了6天时间探讨“大规模杀伤性武器的发展对人类的威胁”。为本次会议提供赞助的是美国克利夫兰市的企业家赛勒斯·伊顿（Cyrus　Eaton），帕格沃什村是他的出生地。这次会议响应了爱因斯坦和伯特兰·罗素（Bertrand Russell）在两年前发出的呼吁。会议初始，科学家们便已达成一致：“讨论时，应回避具

有意识形态偏见的言论，不偏袒世界两大阵营中的任何一方。”

ABC 环球科学小词典

《罗素-爱因斯坦宣言》：1955年7月9日，英国著名哲学家罗素在伦敦公布了由他亲自起草的、包括爱因斯坦在内的其他10位著名科学家联名签署的《罗素-爱因斯坦宣言》，呼吁世界和平，反对核战争。宣言的发表促成了一次重要会议——帕格沃什科学与世界事务会议，并引发了著名的帕格沃什运动——一场以科学家为主导的、反对核武器和战争的国际和平运动。

1958年

1月 JANUARY

磷虾

由捕鲸的经验我们认识到，海洋生物可以带来很好的经济效益。在精力最旺盛的时期，南极的鲸会吃掉2.7亿吨磷虾——这一数字甚至超过了美国人全年消费的磷虾量。越来越多的迹象显示，磷虾的缺乏只是暂时的。历史上最大的捕鲸舰队现已开始在南极海域作业。这支舰队共有250艘船和16,000名船员，他们的捕猎对象主要是长须鲸。如果有一天长须鲸也像蓝鲸和座头鲸那样濒临灭绝，捕鲸者们也许会发现，磷虾变成了他们的捕捉对象。



1958年

3月　MARCH

核能经济

当核能技术发展到一定程度，如何妥善处理核反应堆产生的大量放射性残留物，就成为一个重要课题。上个月，美国科学院的一个委员会在一份报告中提到了核废料的处理情况。放射性核废料的处理过程需要大量花销：首先是暂时储存，以“冷却”废料；接下来便是提取长寿命同位素；最后才能将废料运送到偏远的储存点，进行最终处理。报告指出，在该过程中的花费，将对核能经济造成重要影响。

长度标准

在法国塞夫尔（Sèvres），“铂铱合金米原器”被确立为全世界理论上检测长度的基准，但它也许很快就会失去“尊贵”地位而被丢进熔炉，重新成为制作婚戒的原料。一个定义长度“米”的国际咨询委员会建议，使用原子标准——氪86的橘红色谱线来定义长度。这样一来，“米”就可以被定义为该波长的1,650,763.73倍。这条氪的谱线是目前用于长度测量的最精确的单位。

1958年

5月　MAY

自我

世界上，大部分人都生活在一堵“墙”或一层“烟幕”后，以求或多或少地掩盖自己的真实思想、情感、信仰、欲望和好恶。揭露自我并不容易，先不说我们愿不愿意这样做，即便是在自愿的情况下，人们也无法做到彻底揭露自我。原因就在于，人们对真实的自我并不了解——自己真正想要什么，真实的感觉是什么，自己到底信仰什么。卡伦·霍妮（Karen　Horney）把这种对自己感到陌生的现象称作“自我异化”，它具有神经症的某些症状。在现代社会，“自我异化”现象日益普遍。为了了解自己，越来越多的人开始寻求精神分析学家的帮助。

1958年

6月　JUNE

牛的资源

虽然在数量上牛不如羊多，而且在很多人心目中的地位，牛排在马和狗之后，但谁也不能否认，在所有为人所用的牲畜中，牛是最重要的。其他动物都无法像牛这样，为人类做出如此多的贡献。对欧美消费者来说，牛代表着牛肉、小牛肉、牛奶、牛油、奶酪和皮革，通过这些还能生产出激素、维生素、用作饲料和肥料的骨粉、喂养家畜的高浓缩蛋白等副产品。不过，在全球8亿头牛中，超过1/3都主要作为畜力，用来耕地、拉车和推磨。



产自印度的牛（1958年）

1958年

8月　AUGUST

隐性广告

一家商业研究机构宣称，在电影院里，“潜意识”刺激可提高爆米花和可口可乐的销量。上个月，美国密歇根大学的三位心理学家在《美国心理学家》（*The American Psychologist*）杂志上发表文章，从技术和道德层面阐述了自己对隐性广告的看法。他们认为，“电影院实验”的目的令人寻味，而且这样的实验存在很多不确定因素，因此实验结果也值得怀疑。他们还指出，从职业道德上讲，心理学技术不能用于非正当目的。公众对隐性广告的排斥，还会牵连无辜的心理学家，让他们在公众心目中的形象大打折扣。

1958年

10月　OCTOBER

聚变

在上个月举行的第二次日内瓦原子能会议上，核聚变反应成为主要议题。就研究中遇到的重点难点问题，与会科学家进行了大量正式与非正式的深入讨论。会上，英国、美国和苏联展示了精密的实验装置，这说明主要核大国已启动大规模核研究项目，不过相关信息还处于保密阶段。美国还首次公开了数项研究成果，其中就包括“仿星器”。它是美国普林斯顿大学马特洪恩计划的成果之一，体现了1951年以来我们在理论和实验研究中取得的巨大进步。

——小莱曼·斯皮策（Lyman Spitzer, Jr）

ABC　环球科学小词典

斯皮策：美国物理学家，被誉为20世纪最伟大的科学家之一。他在恒星动力学、等离子物理学、热核聚变、空间天文学等领域做出了巨大的贡献。另外，他是首个提出在外太空安置大型望远镜的科学家，也是推动哈勃望远镜研制的科学家之一。

马特洪恩计划：受控热核研究计划的代号，该计划于1951年由美国普林斯顿大学启动，首席科学家是斯皮策。在计划启动之初，斯皮策便提出了构建仿星器的构想，用于限制和加热离子化氢气，以释放聚变能。

1958年

11月　NOVEMBER

油井耗资

到目前为止，这口深达20,000英尺（约6,100米）的油井，已耗资超过200万美元。按照一桶原油3美元计算，只有含油量丰富的油井才能达到收支平衡。如果只是进行探索性钻探，这样的耗资就显得更加可怕了。按照当前的钻探技术和我们的经济能力，25,000英尺（约7,600米）的钻探已接近极限。况且，有些地区的沉积岩地层厚达40,000英尺（约12,200米），根据目前的地质学研究，在这样深的地方没有理由发现不了石油。如果要满足快速增长的对石油产品的需求，我们必须找到钻探和开发这些地层的新方法。

1958年

12月　DECEMBER

机器教学

教学能够机械化吗？哈佛大学心理学家博勒斯·弗雷德里克·斯金纳（Burrhus Frederic Skinner）认为，如果要满足全球日益增长的教育需求，就必须把机械化引入教学。为此，他设计并制作了一些“教学机器”。与传统声像教具一样，教师不但可以借助斯金纳的机器向学生传授知识，还能检测学生们对知识的“消化”程度。斯金纳和同事已经将这种机器应用到人类行为学的部分课程中，近200名哈佛大学和拉德克利夫学院的本科生体验了这种教学模式。

译者注：斯金纳，美国著名行为主义心理学家，认为学习的实质是“操作性条件反射”，主张用正确的反馈培养人才。

1959年

1月　JANUARY

电话里的声音

“你好，我是克拉伦斯·达罗（Clarence Darrow），”电话的另一端

传来这样的声音，“如果你已经看了报纸，就该知道布赖恩（Bryan，反进化论的著名律师）的全班人马正在起诉年轻教师斯科普斯（Scopes），而马隆（Malone）、科尔比（Colby）和我为了替他辩护而忙成一团。我们对进化论知之甚少，也不知道应该找谁做证人。但我们和你一样，为学术自由而战斗。目前，我们迫切需要学术界的帮助，不知道你能否派遣三位同事，到我们办公室来共商应对策略？”

当天下午，我和美国芝加哥大学的另外两位同事——生物学教授霍雷肖·哈克特·纽曼（Horatio Hackett Newman）和神学院院长谢勒·马修斯（Shailer Mathews）赶到达罗的办公室。我们策划的那场法庭辩论，后来被认为是本世纪最引人瞩目的审判之一。

——费-库珀·科尔（Fay-Cooper Cole）

编者注：1925年，人类学家科尔在芝加哥大学工作，他是该校人类学系的创始人。

ABC　环球科学小词典

斯科普斯审判：1925年夏天，24岁的美国生物教师斯科普斯因在田纳西州代顿镇的中学讲授达尔文进化论，而违反了当时在美国南部盛行的《巴特勒法令》。该法令规定，凡在学校传授否认创世论的观点、认为人类起源于低等动物的做法，都是违法的。这一著名案件引起了国际社会关注，为斯科普斯辩护的就是文章中提到的著名律师克拉伦斯·达罗。该案件的最终结果是，斯科普斯被定罪并处以100美元罚款。

1959年

2月　FEBRUARY

教育

最近，赫鲁晓夫总书记号召苏联教育工作者要加强教育与生活的联系。恰逢此时，雅科夫·鲍里索维奇·泽尔多维奇（Yakov Borisovich Zel'dovich，苏联天体物理学家）和安德烈·萨哈罗夫（Andrei Sakharov，苏联原子物理学家）给《真理报》（*Pravda*）写了一封长信，讲述如何在中学阶段培养“未来科学家”。他们在信中提出，具有数学或科学天赋的孩子不应长时间接受普通学校的教育，因为数学家和理论物理学家的“黄金年龄”都是20岁出头。他们建议，应该让那些具有天赋的学生在十四五岁时就脱离普通教育，以加强这些学生在数学、物理或化学方面的学习，同时他们还认为不应将人文学科列入这些孩子的课程表。

1960年

5月　MAY

发育中的婴儿

我们原本认为，被惊吓过的大鼠会因为它们的经历而受到影响。因此当它们成年之后，我们曾在它们身上寻找情绪障碍的相关症状。但让我们惊讶的是，表现出古怪行为的却是没有经过任何人为影响的第二对照组大鼠。被惊吓过的大鼠，与经过相同人为影响（除了没被电击）的第一对照组大鼠几乎没有两样。初次实验的结果让我们不得不调整研究思路。此后，在美国俄亥俄州立大学哥伦布精神病学研究所和医院进行的研究中，我们开始更多地关注压力事件的缺失，而不是压力事件本身对婴儿的影响——毕竟，在婴儿成长过程中，压力事件经常发生。

——西摩·莱文（Seymour Levine）

1960年

11月　NOVEMBER

根本农业

灾难性的经历告诉我们，非洲的生态环境很脆弱，很容易遭到毁坏。坦噶尼喀花生项目的惨败就是一个例子——这是在根本不了解非洲土壤的情况下进行的决策，整个项目完全是不切实际的幻想。在植被为农作物所取代的非洲高原地区，很多土壤都开始硬化或被侵蚀，承载能力也在衰退。这些记载证实了一个根本性结论：只有在自然界的狩猎中，动物对太阳能的高效生物捕获和转化才能维持下去。这一结论要求运用狩猎行为，产生食物所能提供的蛋白质。

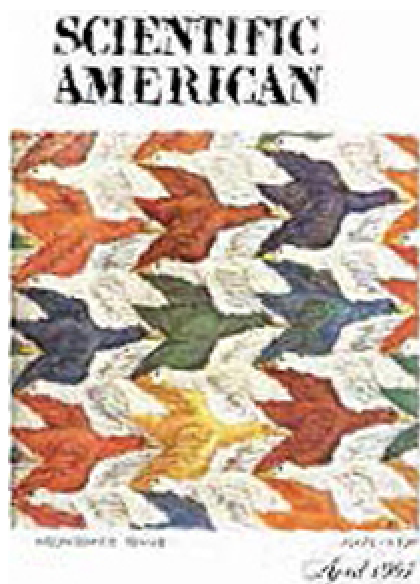
1961年

4月　APRIL

贴瓷砖

目前居住在巴伦（靠近阿姆斯特丹）的荷兰艺术家摩里茨·科内利斯·埃舍尔（Maurits Cornelis Escher）已将17个对称群中的相当一部分，应用到了基本区域为动物形态的马赛克镶嵌工艺上。本期《科学美国人》的封面（见下图）就是埃舍尔最精彩的马赛克作品之一。埃舍尔是一位喜欢运用数学结构的画家。有一个著名的美学流派把所有艺术都看作某种形式的游戏，而另一个也很有名的数学流派，则把所有的数学体系都看作按照统一规则进行的无意义的符号游戏。

——马丁·加德纳



埃舍尔：对称的科学与艺术的数学（1961年）

裁军经济学

美国联邦政府每年要花费400多亿美元用于维持军队编制和采购武器。这些支出大概占美国国民生产总值的10%，比手工业、服务业、运输业和农业的年投资净额总和还多出几十亿。裁军协商的结果很可能会大幅削减军事预算。因此，政府和商业领域的经济学家、市场分析师和财政政策的决策者已经开始考虑，一旦实现裁军，现有的经济体系应如何解决目前直接或间接为军队服务的劳动力的就业问题，以及如何利用好现在为军队所用的工厂和物资。

——瓦西里·列昂季耶夫（Wassily Leontief），马尔温·霍芬伯格（Marvin Hoffenberg）

编者注：列昂季耶夫，1973年诺贝尔经济学奖得主。

1961年

11月　NOVEMBER

教学机器

和一切有用的机器一样，教学机器也是为了最高效地完成一项工作而慢慢发展起来的，而且像任何新机器一样，人们对它持有不同的看法，其中不乏反对意见。有人把这种机器看作对教师的威胁，但它不是；有人猜测它会让教育变成一个冰冷机械的过程；还有人害怕它会把学生变成呆板的、不善思考的人。这些担忧都是没有根据的。教学机器的功能用一两句话就能说清楚：它能以迅速、高效、透彻的教授方式取代传统教育中缓慢、片面、浪费师生精力的大部分教育活动。

——博勒斯·弗雷德里克·斯金纳

1961年

12月　DECEMBER

从众研究

我的目标是看看实验方法能否用来研究国民性格，尤其是能否衡量两个欧洲国家——挪威和法国国民的从众行为。我选择从众行为这一研究点有好几个原因。第一，只有当国民遵守本国的一般行为规范时，我们才可以说这个国家是存在国民文化的，这是一切文化行为背后的心理机制。第二，从众行为已经成为当前社会批评中的热点话题，批评者认为现代人对于他人的意见太过敏感，并认为这是现代社会的一股病态潮流。第三，我们已经拥有了用实验衡量从众行为的好方法。

——斯坦利·米尔格拉姆（Stanley Milgram）

译者注：米尔格拉姆，美国心理学家，在社会心理学领域做了大量研究。

1962年

2月　FEBRUARY

藏匿核武器

看来，在地下或外太空进行大型核武器试验的想法似乎不大可行了。1961年12月，一枚5,000吨级的核弹在美国新墨西哥州卡尔斯巴德的一个地下盐洞引爆。事后，远在美国纽约、日本东京、瑞典乌普萨拉和芬兰索丹屈莱的地震仪，都清楚地记录到了这次爆炸引起的震动。地震仪记录的震动包括“初动”，这是区分地震和地下爆炸的重要标志。

1962年

10月　OCTOBER

认知失调

两条信息在心理上的不相匹配，称为信息间的相互失调。这些信息可以与行为、情绪、看法、环境中的事物等相关。“认知”一词强调该理论研究的是信息之间的关联。这些信息当然是可以改变的。一个人可以改变看法，也可以改变行为从而改变自己掌握的信息，他甚至可以扭曲自己对于周围世界的感知。使信息之间产生或者恢复协调性的信息变化称为降低失调变化。认知失调是一种驱动力。就像饥饿驱使人进食，失调也会驱使人改变自己的看法或行为。

——利昂·费斯廷格（Leon Festinger）

译者注：费斯廷格，美国社会心理学家，因为提出认知失调理论而闻名于世。

1962年

11月　NOVEMBER

“母子隔离”实验

我们之所以会研究情感发育，是因为当初在培育可用于各种研究的健壮、无病幼猴时，受到了一些启发。当母猴产下小猴几个小时后，我们就把小猴隔离开，放在精心设计的人工环境下喂养。这样既能提高小猴的存活率，而且在抓小猴去做实验时，也不会有母猴来阻碍。过了一段时间我们才发现，在这些小猴健壮、无病的同时，它们的情感也受到了影响。

——哈里·弗雷德里克·哈洛（Harry Frederick Harlow），玛格丽特·屈恩·哈洛（Margaret Kuenne Harlow）

ABC　环球科学小词典

哈里·弗雷德里克·哈洛：美国比较心理学家。他最著名的研究就是上述“母子隔离”实验，证明了关爱与陪伴在社交和认知能力发育上的重要性。哈洛曾荣获美国国家科学奖，1951年当选美国科学院院士，1958年当选美国心理学会主席。其妻子玛格丽特·屈恩·哈洛是美国儿童心理学家。

1962年

12月　DECEMBER

寂静的春天

作品：《寂静的春天》（*Silent Spring*），蕾切尔·卡森（Rachel Carson）著，霍顿-米夫林公司出版，售价5美元。

书评人：拉蒙·科尔（LaMont Cole）。

身为生态学家，我很高兴有人写出了这么一部具有煽动性的书。这并不代表我认为书中对所有证据都做了客观公正的评述。恰恰相反，为了支持自己的论调，作者在选取事例和阐述观点时带有很强的偏向性。不过话说回来，那些善于制造舆论，左右公众看法的人已经把与之完全相反的论点刻进了公众的脑子里。即便一般大众不研究生态学，也该采取客观的态度去关注人类改变环境的行为了。《寂静的春天》正好举出了很多可怕的例子，以证明化学品的滥用对环境造成了怎样的破坏。

1963年

3月　MARCH

焦虑的时代

都说我们这个时代是焦虑的时代，但焦虑究竟是什么？它又该如何衡量呢？西格蒙德·弗洛伊德（Sigmund Freud）写过许多关于焦虑的文章，但他在给焦虑定义时，主要内容还是借助内省，从词义着手，并未做进一步阐述。他用自己的母语指出了Furcht（恐惧）和Angst（焦虑）之间的显著区别，后来的心理学家也大多沿袭他的区分，把焦虑看作和

恐惧完全不一样的东西。在美国，一些研究学习理论的专家将焦虑视为行为的主要动机。还有一些科学家的观点几乎截然相反，那就是弗兰克·伯格（Frank　Berger）提出的临床观点（伯格发现过一种化学物质，催生了镇静剂眠尔通）。在他看来，焦虑会“瓦解”有效行动。和这个瓦解概念相通的是一种心理分析的观点，认为焦虑是神经症的核心问题。然而，一些不够严谨的人会把焦虑和神经症当作同义词，结果就是，把焦虑水平高的人视为神经症患者。

——雷蒙德·伯纳德·卡特尔（Raymond Bernard Cattell）

ABC　环球科学小词典

卡特尔：美国心理学家，他最突出的贡献是将因素分析的统计方法应用于人格心理学研究。卡特尔一共找到了16种根源性特质，编制了“卡特尔16种人格因素问卷”。这份问卷也被称为《卡特尔16种人格因素量表》或《卡特尔16项个性因素测验》，是世界最具权威的个性测验方法，在临床医学中广泛应用于心理障碍、行为障碍、心身疾病的个性特征研究，对人才选拔和培养也很有参考价值。

1963年

7月　JULY

测谎仪阴影

由于测谎仪在商业和工业领域的使用越来越多，而且基本上没有限制，美国弗吉尼亚大学的一位精神病学家和心理学家已经对此发出了警告。测谎仪检测的纯粹是自主反应，无法确定这个反应是来自有意的欺骗，还是由无意识的行为所触发。不过，测谎仪的操作人员通常会告知接受检测的人，“你根本无法骗过这台机器”，以便让接受检测的人说出事实——在这层意义上，操作人员是在用谎言来检测谎言。因此，研究人员指出，测谎仪的使用必须始终处于严格的监管之下，以防乔治·奥威尔（George Orwell）笔下的《1984》变成现实。

文章标题索引

第一部分
步入工业时代

（150年前：1856～1863年）

●发明构筑机械王国

1856年6月　第一次水下摄影

1856年11月　蒸汽消防车

1857年3月　铺设电缆

1857年6月　电动机

1857年7月　消防面具

1858年2月　冷蒸汽

1858年6月　苯胺染料

1858年7月　电报的发明者

1858年8月　大西洋电报

1858年11月　无价值的船

1859年2月　工业时代

1859年4月　专利代理

1860年5月　电灯灯塔

1860年9月　内燃机

1860年12月　林肯的专利

1862年6月　差分机

1862年10月　起锚开船

1862年12月　升降机

1863年3月　可驾驶的热气球

1863年6月　胶片诞生前的相机

1863年12月　首台录音设备

●生产变革的动力

1856年1月　国家的浪费

1856年5月　土地勘测员

1856年11月　便宜的钢铁

1857年2月　伊利诺伊州的农业

1857年5月　污秽的燃料

1857年8月　收割机

1858年1月　剪羊毛

1858年10月　蒸汽犁

1859年4月　铝的价格

1859年11月　第一口油井

1859年12月　鲸油

1860年1月　农田与肥料

1861年3月　针线苦差

1861年12月　强劲的大风

1862年1月　缝纫机

1862年9月　蒸汽灌溉

1862年10月　机械技术造福农民

1863年7月　盐矿

1863年8月　制衣机器

1863年9月　砸毁机器

●技术进步改变生活

1856年2月　燃料价格

1856年3月　街道清理

1856年4月　普鲁士的犯罪现场调查

1856年5月　罪犯小心了

1856年8月　扒手陷阱

1857年2月　谋杀

1857年6月　气球漏气

1857年8月　合法麻醉

1857年9月　早期水表

1858年1月　从黑夜到白昼

1858年3月　量体裁衣

1858年4月　致命的美丽

1858年10月　酸气
1858年12月　点亮世界
1859年3月　反迷信协会
1859年10月　舆论的力量
1860年2月　面包革命
1860年10月　反对家庭作业
1861年1月　肥皂与文明
1861年2月　菊酯杀虫剂
1861年4月　钟表匠
1861年10月　饮茶时间
1862年1月　崇高的壁炉，卑微的烤炉
1862年2月　撒盐和融雪
1862年3月　可恶的钢笔
1862年5月　地下铁路
1862年5月　雪橇改良
1862年11月　橡胶玩具
1863年2月　冰岛酸奶
1863年7月　睡眠工艺

●在困境和灾难中前行
1856年7月　危险的铁路
1856年12月　危险的醚
1857年3月　棉花着火
1857年4月　严格检疫
1857年5月　越绿越干净
1857年7月　保护鱼类
1857年9月　防火纱裙
1857年10月　黄金船
1858年11月　病房采光
1859年6月　安全与疏忽
1860年3月　取火镜
1860年3月　接种疫苗
1860年4月　牛瘟疫

1860年5月　地方性结核病

1860年6月　臭气熏天的泰晤士河

1860年7月　注意事项

1860年9月　毒药捕鱼

1861年5月　野战炮的进步

1861年7月　疟疾和战争

1861年8月　含铅饮用水

1861年9月　航海准则

1861年11月　强大的“梅里马克号”

1862年2月　弹片伤也能治疗吗？

1862年3月　第一场铁甲对决

1862年7月　狂犬的危害

1862年8月　美国内战中的造船业

1862年8月　捕虎

1863年11月　石油事故

●探索未知的世界

1856年2月　木乃伊的命运

1857年1月　利文斯通博士的故事

1857年2月　大漩涡

1857年12月　疟疾的幽灵

1859年1月　彗星的作用

1859年3月　大猩猩

1859年7月　恐怖漩涡

1859年9月　蚯蚓

1859年10月　富兰克林的遗物

1860年1月　食莲人

1860年4月　电学理论

1860年8月　达尔文引发的争论

1860年8月　对抗达尔文

1860年10月　行星的末日

1860年12月　神奇的古柯

1861年4月　铯

1861年9月　可卡因提炼成功
1863年1月　光线的奥秘
1863年3月　埃及天文学
1863年5月　达尔文不是无神论者？
1863年8月　日光之谜
1863年10月　新金属铟

第二部分
科技腾飞的年代
（100年前：1906～1913年）

●发明推动技术革新
1906年12月　深海步行者
1907年2月　新鲜空气
1907年3月　电话音乐
1907年7月　彩色照片
1908年5月　“毛虫”拖拉机
1908年9月　巨型挖泥船
1909年2月　阿斯曼气球
1909年4月　语音锁
1909年5月　掘地能手
1909年8月　电视机原型
1909年10月　地铁上的娱乐
1910年12月　信息解冻
1911年2月　发明家与农夫
1911年3月　建筑用混凝土
1911年9月　特斯拉涡轮
1912年1月　混凝土方案
1912年2月　机器代替人力
1912年3月　无线电通信
1912年6月　垃圾再生
1912年8月　硫矿发掘
1913年4月　为后燃料时代做准备

1913年5月　制鞋业
1913年6月　潜艇通信

●飞机的诞生及应用
1906年1月　对莱特兄弟的怀疑
1906年4月　莱特飞机
1906年4月　莱特兄弟的发明认证
1906年8月　飞行狂热
1906年11月　桑托斯 - 杜蒙特档案
1906年12月　首次飞行
1907年1月　为竞技运动和战争而飞
1907年4月　悬赏飞行
1907年9月　飞行大奖
1908年1月　法尔芒的飞行
1908年2月　飞行运动
1908年3月　“红翼号”首次试飞
1908年5月　秘密飞行
1908年6月　莱特兄弟的来稿
1908年7月　柯蒂斯飞行
1908年8月　冲上云霄的莱特兄弟
1908年9月　空难事故
1908年12月　“少女号”飞机
1909年8月　布莱里奥的成功
1910年5月　飞行比赛
1910年6月　合法飞行
1910年6月　刺激的比赛
1910年7月　优美的飞机
1910年10月　竞速飞机
1910年11月　首位海军飞行员
1911年5月　质疑飞机
1911年7月　航空邮件
1912年1月　航空产业
1912年11月　会飞的船

1912年12月　巴黎航空展
1913年2月　飞机的稳定性
1913年6月　降落伞故障
1913年9月　最大的飞机
1913年10月　航空事业的进步

●蓬勃发展的交通运输业
1906年6月　7号机车
1907年1月　汽车时尚
1907年8月　“卢西塔尼亚号”
1908年10月　汽车盗窃
1909年3月　救援拖船
1909年6月　冲上云霄
1909年11月　风车船
1909年12月　会飞的火车
1910年1月　海浪与船只
1910年1月　完美汽车
1910年2月　蒸汽时代
1911年1月　爱迪生的电池
1911年8月　100万个伟大创意
1912年3月　比空气还轻
1912年4月　痛失“泰坦尼克号”
1912年6月　液压减震器
1912年7月　船只撞击
1913年1月　关于汽车的遐想
1913年3月　防盗汽车
1913年9月　火车的安全性
1913年10月　自助加油机

●“一战”前的社会生活
1906年1月　撬盗保险箱
1906年2月　快乐情人节
1906年3月　战列舰时代
1906年4月　维苏威火山之灾

1906年4月　旧金山大地震
1906年4月　动力旱冰鞋
1906年5月　旧金山劫后
1907年4月　水中幻象
1907年6月　聋人学话
1907年10月　滚轴旱冰鞋
1908年4月　安全隐患
1908年5月　盲人杂志
1908年8月　节约日光
1908年12月　城市规划
1909年1月　枕木缺乏
1909年6月　招聘作家
1909年7月　夜场赛事
1909年9月　人口普查
1909年12月　灯泡骗局
1910年7月　空中威胁
1911年4月　格林尼治时间
1911年8月　水流和电力
1911年10月　冰雹的代价
1911年10月　空战
1911年11月　有火柴吗？
1911年11月　爱迪生论城市照明
1912年2月　维克斯机枪
1912年4月　血液兴奋剂
1912年5月　蒙台梭利方法
1912年5月　“替罪羊”职业
1912年7月　水下魔术
1912年8月　撒哈拉海
1912年9月　战场医疗
1912年9月　水泥巨人
1912年11月　巴拿马运河
1912年12月　纽约中央车站
1913年5月　治理沼泽

1913年7月　大战前夕
1913年8月　从敌对到战争
1913年12月　引水入城

●医疗卫生保障健康

1906年6月　纯净食品议程
1907年6月　袋装牛奶
1907年9月　暴饮暴食
1908年4月　疗养温泉
1909年6月　蜗牛法
1909年7月　消化
1909年11月　钩虫
1909年11月　冰交易
1910年3月　体温监测
1910年4月　消毒难题
1910年6月　治疗
1910年9月　饮水喷泉
1911年2月　老鼠和人类
1911年5月　苦涩的消息
1911年6月　优生学
1911年7月　癌症的根源
1911年7月　猫肉充数？
1911年10月　牛奶消毒
1911年12月　咀嚼研究
1912年7月　人工波浪池
1913年9月　人工肾脏

●科学的兴起与发现

1906年2月　白垩纪生物
1906年2月　扩张的宇宙
1906年7月　放射性火炉
1906年8月　爪哇的死胡同
1907年3月　古巴比伦
1907年3月　胚种论

1907年5月　恐龙
1907年7月　火星人
1907年8月　放射性衰变
1907年10月　蛇的催眠术
1908年3月　四维空间
1908年10月　古兽化石
1908年11月　难题
1909年1月　可怕的地震
1909年8月　天外来客
1909年10月　电气栽培
1910年2月　细菌化肥
1910年2月　洪水
1910年3月　放射性元素
1910年8月　森林与洪水
1910年11月　细胞培育
1910年12月　海底世界
1911年1月　非凡的居里夫人
1911年3月　金星大气
1911年4月　冲向南极
1911年6月　温室效应
1911年11月　居里夫人
1912年3月　思索相对性
1912年10月　细菌灭蝗
1912年12月　巴甫洛夫的饿狗
1913年1月　皮尔当人
1913年2月　斯科特之死
1913年2月　阿尔塔米拉岩画
1913年3月　超导
1913年5月　沉船寻宝
1913年11月　达尔文和华莱士
1913年12月　美国的皮尔当人骗局

第三部分

影响空前的科技推动力

（50年前：1956～1963年）

●太空时代的新技术

1957年7月　人工降雨
1957年12月　“斯普特尼克二号”
1958年7月　预应力混凝土
1959年2月　响鞭
1959年6月　太空菜单
1960年8月　直升机
1961年5月　苏联太空人
1961年7月　天气预报革命
1962年1月　声爆
1962年2月　误差编码
1962年4月　载人太空飞行
1962年6月　计算机的应用前景
1963年1月　太空合作
1963年6月　机器翻译
1963年8月　超声速梦想

●上天入地的科学探索

1956年1月　马尾藻
1956年6月　反质子
1956年7月　原子窥秘
1956年8月　发现中微子
1956年12月　101号元素
1957年4月　宇称终结
1957年6月　月球尘埃
1957年7月　基本粒子
1958年1月　不确定性
1958年2月　原子裂变
1958年4月　反物质
1958年5月　地球磁场

1958年9月　物理学的革新
1959年1月　原子核
1959年3月　范艾伦辐射带
1959年4月　行星身份之争
1959年4月　最深的钻井
1959年8月　制造波浪
1959年12月　月球的另一面
1960年2月　陨石尘
1960年11月　光纤的崛起
1961年2月　蛋白质结构
1961年3月　气候怀疑论
1961年3月　重力
1961年6月　光量子放大器
1961年8月　聚合物及其生产
1961年12月　蛋白质结构
1962年3月　正确的红移
1962年5月　第一颗伽马射线卫星
1962年6月　磁力跃进
1963年4月　大陆漂移
1963年4月　光晶体管
1963年6月　地外行星
1963年7月　激光通信
1963年12月　发现类星体

●方兴未艾的生物学与医学
1956年5月　大脑决定天性
1957年2月　流感病毒
1957年4月　组织移植
1957年8月　小鼠的压力
1957年9月　DNA复制
1958年8月　铍元素
1958年9月　生物适应
1958年12月　行为的进化

1959年3月　蛾类的进化
1959年5月　光的颜色
1959年6月　自我复制
1959年7月　生物碱
1959年9月　辐射
1959年10月　肾移植
1959年11月　神经发育
1959年11月　第一个工具制作者
1959年12月　人体脂肪
1960年4月　辐射剂量
1960年7月　婴儿死亡率
1960年9月　人类的进化
1960年10月　疫苗争议
1960年12月　进化与行为
1961年1月　免疫机制
1961年6月　病毒基因
1961年9月　神经细胞的“对话”
1962年7月　假想核战
1962年7月　鲨鱼来袭
1962年8月　蜜蜂的语言
1962年9月　南极动物
1962年10月　克里克论遗传密码
1963年5月　化学通信
1963年10月　高血压的根源
1963年11月　脑中的景象

●核阴影笼罩下的人与社会
1956年3月　地球巨变
1956年11月　“竞赛”研究
1956年12月　折纸游戏
1957年1月　厌倦
1957年3月　儿童和物理学
1957年5月　机器劳工

1957年8月　道路数据
1957年9月　帕格沃什会议
1958年1月　磷虾
1958年3月　核能经济
1958年3月　长度标准
1958年5月　自我
1958年6月　牛的资源
1958年8月　隐性广告
1958年10月　聚变
1958年11月　油井耗资
1958年12月　机器教学
1959年1月　电话里的声音
1959年2月　教育
1960年5月　发育中的婴儿
1960年11月　根本农业
1961年4月　贴瓷砖
1961年4月　裁军经济学
1961年11月　教学机器
1961年12月　从众研究
1962年2月　藏匿核武器
1962年10月　认知失调
1962年11月　“母子隔离”实验
1962年12月　寂静的春天
1963年3月　焦虑的时代
1963年7月　测谎仪阴影

图片版权

本书第179、180、182、184、191、196、199、201、202、211、213、214（上）、214（下）、216、217、225、227、229（上）、229（下）、237页图片由达志影像提供。

其余所有图片均来自《科学美国人》及其中文版《环球科学》。



畅销全球170年

《科学美国人》

精选

本书带领我们回顾科技发展的三段传奇时代，以更加贴近历史的生动体验，感受那时人们的探索与发现、磨难与反思。通过回顾150、100、50年前《科学美国人》记录的400余个精彩瞬间，见证历史上的一个个经典科学瞬间是如何超越时代的界限，改变了我们今天的生活。

我很欣赏《科学美国人》，因为它把世界科学更广泛地介绍给了读者。

——阿尔伯特·爱因斯坦

科学和艺术一样，都让我们的世界更加绚丽多彩，愿享誉百年的《科学美国人》传播科学精神，影响更多人。

——钢琴家　理查德·克莱德曼

这本书精选在过去不同历史时期人们对当时和以前的科学技术进展的看法，会让读者有一种更加贴近当时历史的生动感受。这既是一份珍贵的、富有启发性的史料，同时作为科普的内容，也会让读者通过历史的视角，对科学和技术有一种新的看法。

——清华大学教授　刘兵

还原科学本初，点亮创新灵感，见证科学影响力

关注外研社科学出版



微信公众平台



新浪微博



记载人类文明
沟通世界文化
www.fltrp.com